

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

João Pedro da Costa Carvalho

**Análise de tempos e métodos e  
implementação de ferramentas *lean* num  
sistema produtivo**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho

Outubro de 2015

## DECLARAÇÃO

Nome: João Pedro da Costa Carvalho

Endereço eletrónico: janna.carvalho@hotmail.com Telefone: 252312018 /913670318

Número do Bilhete de Identidade: 17359652

Título da dissertação: Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Orientador(es): José Dinis de Araújo Carvalho

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado:

Mestrado em Engenharia Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:

## AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado a todos aqueles que contribuíram para a realização da presente dissertação, pois este projeto não foi apenas resultado do esforço de uma só pessoa. A realização deste projeto só foi possível graças ao apoio e disponibilidade de todas as pessoas que tornaram este trabalho possível, e desta forma pretendo aqui exprimir o meu profundo reconhecimento e agradecimento.

Agradeço a todos os colaboradores da Continental Mabor S.A., mais concretamente aos do Departamento II – Preparação Quente, pois sem a ajuda e disponibilidade destes a realização desta dissertação não seria possível.

Agradeço a minha orientadora da empresa, Eng.<sup>a</sup> Marta Morais, pela sua disponibilidade, orientação e acompanhamento imprescindíveis e pela capacidade de incentivo transmitida durante a realização deste trabalho.

Ao Eng.º Paulo Figueiredo pelo contributo, pela dinâmica e pro-atividade que teve durante a realização deste trabalho.

Ao Eng.º Armando Estevão, diretor do Departamento de Engenharia Industrial, pela oportunidade de integração na empresa multinacional como a Continental Mabor S.A.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Industrial, pelo ambiente de trabalho proporcionado durante a realização do projeto.

Aos estagiários João Silva, Carlos Novais e Rui Silva que estiveram presentes durante a realização deste projeto e pelo auxílio prestado no decorrer do projeto.

Ao Professor José Dinis de Araújo Carvalho, a minha gratidão e reconhecimento pela orientação deste projeto.

Por fim agradeço a minha família e amigos pelo apoio incondicional e incentivo ao longo da minha carreira académica.

*A minha orientadora fantástica incrível melhor pessoa do mundo por ter que me aturar.*



## RESUMO

Cada vez o mercado torna-se mais competitivo e exigente, em que os prazos de entrega devem ser cada vez menores e a qualidade cada vez maior, e por isso é extremamente necessária uma constante busca pela melhoria contínua dos processos produtivos, eliminando os desperdícios por ele gerados que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto.

Com esforço para a melhoria contínua, é necessário recorrer a abordagens adequadas e que sejam apoiadas pelas ferramentas adequadas. Neste contexto encontra-se o paradigma *Lean Manufacturing* e o conjunto de ferramentas a ele associados, que vão apoiar na melhoria contínua dos processos produtivos.

O presente trabalho pretende aplicar algumas metodologias e ferramentas inerentes ao *Lean Manufacturing*, de modo a melhorar o desempenho do processo produtivo da construção de núcleos e aplicação cunha núcleo na Continental Mabor S.A..

A primeira fase deste projeto consistiu na análise do processo de construção de núcleos de talões, fazendo um acompanhamento diário de forma a realizar um estudo de tempos nas tarefas realizadas pelos operados das máquinas de construção de núcleos. A implementação de ferramentas *lean*, neste processo refletiu-se na diminuição dos tempos de *setup* através da implementação de metodologias SMED e consequentemente no número de pessoas necessárias para o normal funcionamento do sistema produtivo, passando de três operadores para dois operadores para operar as três máquinas de construção de núcleos em simultâneo.

Numa segunda fase deste projeto realizou-se o estudo ao processo de aplicação cunha núcleo, sendo este estudo constituído pelo estudo dos tempos de ciclo e o estudo dos operadores assistentes de produção. Implementando ferramentas *lean* neste processo é possível aumentar a disponibilidade das máquinas de aplicação cunha núcleo, diminuindo desta forma os tempos de *setup* através da aplicação das metodologias SMED.

Nos dois processos analisados, foi também realizado um levantamento de perturbações realizando uma classificação num Pareto. É então possível verificar que o tempo de construção do artigo diminuiu, em relação aos anteriormente determinado, desta forma é possível constatar que existiu uma melhoria ao longo dos anos que se refletiu no tempo de ciclo das máquinas.

## PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing, 5'S, OEE, Normalização do Trabalho, Estudo dos tempos, Gestão Visual, Métodos de trabalho



## **ABSTRACT**

Each time the market becomes more competitive and demanding, in which delivery times must be smaller and the quality increasing, and so it is extremely necessary a constant quest for continuous improvement of production processes, eliminating generated wastes that do not add any value to the product.

With the effort for continuous improvement, it is necessary to use appropriate approaches that are supported by appropriate tools. In this context is the Lean Manufacturing paradigm and set of tools associated with it, which will support the continuous improvement of production processes.

This work intends to apply some methodologies and tools inherent to Lean Manufacturing in order to improve the performance of productive construction of bead cores and apexing bead core to the bead process at Continental Mabor SA.

The first phase of this project was the analysis of the construction of beads cores process, making a daily monitoring in order to conduct a study of time in the tasks performed by the operator of the bead core construction machinery. The implementation of lean tools, this process was reflected in the decreased setup time's by implementing SMED methodologies and consequently the number of people required for normal operation of the production system, from three operators for two operators to operate the three bead core machines simultaneously.

In a second phase of this project was carried out to study the application process wedge core, and this study consists of the study cycle times and the study of the production assistants. Implementing lean tools in this process you can increase the performance of the wedge core application equipment, thus reducing setup times by applying the SMED methodologies.

In both cases analyzed, it has also conducted a survey of disorders by performing a classification in a Pareto. It is then possible to verify that construction time decreased compared with the times previously calculated in this way it can be seen that there was an improvement over the years which was reflected in the cycle time of the machine.

## **KEYWORDS**

Lean Manufacturing, 5'S, OEE, Work Standardization, Times Study, Visual Management, Work Methods





## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Índice de Equações .....	xxi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxiii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologias de Investigação.....	2
1.4 Estrutura da Dissertação .....	4
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	5
2.2 Desperdícios.....	7
2.3 Paradigma do <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
2.4 Ferramentas e Técnicas <i>Lean Manufacturing</i> .....	11
2.4.1 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> – OEE.....	11
2.4.2 <i>Kaizen</i> .....	13
2.4.3 Metodologia 5’S.....	15
2.4.4 <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) .....	17
2.4.5 Sistema <i>Pull/Push</i> .....	21
2.4.6 Normalização do Trabalho .....	22
2.5 Estudo do Trabalho .....	23
2.5.1 Estudo dos métodos.....	25
2.5.2 Medida do Trabalho .....	25
2.6 Balanceamento de postos de trabalho.....	27
3. Descrição da Empresa .....	29
3.1 Continental AG .....	29
3.2 Continental Mabor, SA.....	32

3.2.1	Estrutura Organizacional da Continental Mabor S.A.....	33
3.2.2	Política da Empresa.....	34
3.2.3	Produtos.....	35
3.3	Descrição do Sistema Produtivo.....	37
3.3.1	Receção das Matérias-primas.....	39
3.3.2	Departamento I – Misturação.....	39
3.3.3	Departamento II – Preparação.....	40
3.3.4	Departamento III – Construção.....	41
3.3.5	Departamento IV – Vulcanização.....	41
3.3.6	Departamento V – Inspeção.....	42
3.3.7	Expedição de Produto Final.....	42
3.4	Clientes.....	43
4.	Análise do Sistema Produtivo.....	45
4.1	Construção de Núcleos de Talão.....	46
4.1.1	<i>Setup's</i> .....	49
4.1.2	Análise das perturbações no decorrer do trabalho.....	59
4.1.3	Tempos Padrão.....	61
4.1.4	Balanceamento de postos de trabalho.....	71
4.2	Aplicação de Cunha no Núcleo.....	76
4.2.1	<i>Setup's</i> .....	80
4.2.2	Análise das perturbações no decorrer do trabalho.....	85
4.2.3	Tempos Padrão.....	87
4.2.4	Operadores Assistentes.....	94
5.	Propostas de Melhoria.....	103
5.1	Construção de Núcleos de Talão.....	103
5.1.1	Implementação da Metodologia 5'S.....	103
5.1.2	<i>Setup's</i> .....	110
5.1.3	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> – OEE.....	113
5.2	Aplicação de Cunha no Núcleo.....	114
5.2.1	<i>Setup's</i> .....	114

5.2.2	Operadores Assistentes.....	118
5.2.3	Overall Equipment Effectiveness – OEE.....	122
6.	Conclusões.....	124
6.1	Considerações Finais.....	124
6.2	Sugestões de trabalho futuro.....	125
	Referências Bibliográficas.....	126
	Anexo I – Layout do sistema produtivo da CMIP.....	131
	Anexo II – Política da Empresa.....	133
	Anexo III – Tabelas Fadiga (Arezes & Costa, 2003).....	135
	Anexo IV – Tempos de Ciclo (APEX).....	143



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processo iterativo da investigação ação (Saunders et al., 2009).....	3
Figura 2 - Ford T (Ford, 1922).....	6
Figura 3 - Atividades que acrescentam valor e não acrescentam valor (Pinto, 2008) .....	8
Figura 4 - Princípios lean manufacturing (Womack & Jones, 1996).....	10
Figura 5 - Evolução contínua até a perfeição (Estado Ideal) (Pinto, 2008).....	13
Figura 6 - Melhoria contínua com o ciclo PDCA (Pinto, 2008) .....	14
Figura 7 - Metodologia 5'S.....	15
Figura 8 - Representação do tempo de setup .....	18
Figura 9 - Etapas que constituem a metodologia SMED (Shingo, 1985).....	19
Figura 10 - Funcionamento de um sistema pull (Pinto, 2008).....	21
Figura 11 - Funcionamento de um sistema push (Pinto, 2008) .....	22
Figura 12 - Diferentes níveis de normalização (Almacinha, 2013) .....	22
Figura 13 - Logotipo Continental AG .....	29
Figura 14 - Localização das fábricas do grupo Continental AG (Continental, 2015).....	29
Figura 15 - Áreas de Negócio da Continental AG (Continental, 2015) .....	30
Figura 16 - Vendas por divisões (Continental, 2015).....	30
Figura 17 - Localização das fábricas de pneus da Continental AG (Continental, 2015) .....	31
Figura 18 - Grupo Continental AG em Portugal (Continental, 2015).....	31
Figura 19 - Mabor S.A. 1946 (Marcelino, 2005) .....	32
Figura 20 - Logotipo Mabor S.A. (Marcelino, 2005).....	32
Figura 21 - Continental Mabor S.A 2015 (Continental, 2015) .....	33
Figura 22 - Organograma da Continental Mabor S.A (Continental, 2015).....	34
Figura 23 - Visão da Continental Mabor S.A. (Continental, 2015) .....	35
Figura 24 - Componentes de um pneu (Continental, 2015).....	35
Figura 25 - Componentes de um pneu e sua função.....	36
Figura 26 - Departamentos do processo produtivo da Continental Mabor S.A.....	37
Figura 27 - Processo produtivo da Continental Mabor S.A.....	38
Figura 28 - Armazém de Matérias-Primas.....	39
Figura 29 - Departamento I – Misturação.....	39
Figura 30 - Departamento II – Preparação (Preparação Frio e Quente).....	40
Figura 31 - Módulos da construção (KM e PU respetivamente) .....	41

Figura 32 - Departamento IV – Vulcanização .....	41
Figura 33 - Departamento V – Inspeção Final .....	42
Figura 34 - Armazém de produto final .....	42
Figura 35 - Principais Clientes da Continental AG .....	43
Figura 36 - Processo de Construção do Talão com Cunha .....	45
Figura 37 - Fluxo de materiais na secção de construção de núcleos de talão .....	46
Figura 38 - Mesa de composto e bobine de arame .....	47
Figura 39 - Processo produtivo de construção de núcleos de talão .....	47
Figura 40 - Código de identificação de núcleos de talão .....	48
Figura 41 - Perfil do núcleo de talão .....	48
Figura 42 - Mudança de jante CT#01 .....	50
Figura 43 - Mudança de jante CT#02 .....	51
Figura 44 - Mudança de jante CT#03 .....	52
Figura 45 - Mudança do número de arames – CT#01 .....	53
Figura 46 - Mudança do número de arames – CT#02 .....	54
Figura 47 - Mudança do número de arames – CT#03 .....	55
Figura 48 - Mudança de perímetro – CT#01 .....	56
Figura 49 - Mudança de perímetro – CT#02 .....	57
Figura 50 - Mudança de perímetro – CT#03 .....	58
Figura 51 - Mudança de bobine .....	59
Figura 52 - Diagrama de Pareto – Perturbações CT's .....	60
Figura 53 - Pontos de medição do tempo de ciclo - CT's .....	63
Figura 54 - Setpoint .....	64
Figura 55 - Layout atual da área de construção de núcleos de talão .....	74
Figura 56 - Layout alternativo para área de construção de núcleos de talão .....	75
Figura 57 - Fluxo de materiais na secção de aplicação cunha núcleos de talão .....	76
Figura 58 - Perfil do talão com cunha .....	77
Figura 59 - Mesa de composto e suporte de núcleos de talão .....	77
Figura 60 - Processo produtivo de aplicação cunha núcleo .....	78
Figura 61 - Esquema representativo de uma APEX .....	79
Figura 62 - Carro de acondicionamento de tambores e carro de auxílio a mudança .....	80
Figura 63 - Mudança de jante – APEX's .....	81
Figura 64 - Mudança de cunha sem mudança de composto – APEX's .....	82

Figura 65 - Mudança de composto – APEX’s .....	83
Figura 66 - Mudança de tambor – APEX’s .....	84
Figura 67 - Diagrama de Pareto – APEX’s.....	86
Figura 68 - Pontos de medição do tempo de ciclo – APEX’s.....	89
Figura 69 - Localização dos operadores assistentes por máquinas .....	94
Figura 70 - Diagrama de Pareto – Perturbações Operador Assistente .....	96
Figura 71 - Manning level de operadores assistentes (55.000 pneus diários vs. 60.000 pneus diários) .....	102
Figura 72 - Armário de arrumação CT#01 .....	104
Figura 73 - Quadro para colocação das jantes .....	104
Figura 74 - Caixa de ferramentas dos operadores .....	105
Figura 75 - Primeiro esboço para o carro de ferramentas.....	106
Figura 76 - Interior da gaveta das ferramentas e dos componentes .....	107
Figura 77 - Carro de ferramentas (KaiserKraft, 2015).....	107
Figura 78 - Proposta de adição de uma nova gaveta para colocação das ferramentas .....	108
Figura 79 - Carro com os componentes na CT#01.....	108
Figura 80 - Sítios de colocação de feiras.....	109
Figura 81 - Suporte atual .....	109
Figura 82 - Proposta de alteração do suporte.....	110
Figura 83 - Mudança do número de arames realizada por dois operadores .....	111
Figura 84 - Cabeçote atual e cabeçote pretendido.....	112
Figura 85 - Curva ABC – Feiras APEX .....	119
Figura 86 - Suporte de feiras para as máquinas - APEX.....	119
Figura 87 - Armário de armazenamento de feiras das APEX.....	121
Figura 88- Layout sistema produtivo Continental Mabor S.A.(Continental, 2015) .....	131
Figura 89 - Política da Empresa (Continental, 2015).....	133
Figura 90 - Tabelas utilizadas no cálculo da fadiga (Arezes & Costa, 2003).....	141





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Etapas para aplicação da metodologia SMED (Shingo & Dillon, 1989) .....	18
Tabela 2 – Exemplo de atividades de trabalho qualificados de acordo com a escala 0-100 (Exertus, 2003).....	26
Tabela 3 – Setup’s – CT’s.....	49
Tabela 4 – Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante nas CT#01 .....	49
Tabela 5 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante na CT#02 .....	50
Tabela 6 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante na CT#03 .....	51
Tabela 7 – Componentes para mudança do número de arames CT#01 .....	52
Tabela 8 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#01 ...	53
Tabela 9 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#02 ...	54
Tabela 10 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#03 .	55
Tabela 11 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#01 .....	56
Tabela 12 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#02 .....	57
Tabela 13 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#03 .....	57
Tabela 14 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de voltas.....	58
Tabela 15 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Bobine .....	59
Tabela 16 – Perturbações CT’s .....	60
Tabela 17 – Plano de Ação – CT’s.....	61
Tabela 18 - Tabela de cálculo da fadiga - CT’s .....	62
Tabela 19 – Tempos ciclo para medidas observadas (CT’s) .....	65
Tabela 20 – Tempos padrão – CT’s .....	66
Tabela 21 – Tempos das fases nas 3 máquinas .....	67
Tabela 22 – Ponto de paragem da jante antes do momento de corte.....	67
Tabela 23 – Tempos Padrão teóricos.....	68
Tabela 24 – Comparação tempos de ciclo antigos (2008) com os tempos atuais teóricos .....	69
Tabela 25 – Tempos padrão setup’s –CT’s .....	70
Tabela 26 - Comparação tempos setup antigos (2008) com os tempos atuais – CT’s.....	71
Tabela 27 – Tarefas auxiliares .....	71
Tabela 28 – Número de núcleos de talões necessário para existir uma mudança de setup .....	72
Tabela 29 – Tarefas dos operadores de CT e ocorrências (55.000 pneus) .....	73
Tabela 30 – Variáveis para cálculo do número de pessoas necessárias para operar as CT’s ..	73

Tabela 31 – Manning necessário por máquina.....	74
Tabela 32 – Verificação das máquinas que podem operar com o mesmo operador .....	74
Tabela 33 – Capacidade de produção de núcleos de talão – 55.000 pneus/dia.....	75
Tabela 34 – Setup’s – APEX’s.....	80
Tabela 35 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante nas APEX’s.....	81
Tabela 36 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de cunha sem mudança de composto nas APEX’s .....	82
Tabela 37 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança composto nas APEX’s .....	83
Tabela 38 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de tambor nas APEX’s.....	84
Tabela 39 – Perturbações – APEX’s .....	85
Tabela 40 – Percentagem de perturbações segundo grupos de máquinas .....	86
Tabela 41 – Plano de ações - Apex .....	87
Tabela 42 - Tabela de cálculo da fadiga – APEX’s .....	88
Tabela 43 - Tempos para medidas observadas – APEX’s.....	90
Tabela 44 – Tempos padrão para as medidas observadas - APEX’s .....	90
Tabela 45 – Tempo de máquina por ciclo de respetivo desvio .....	91
Tabela 46 – Tempos de Operador por ciclo.....	91
Tabela 47 – Comparação de Tempos Padrão (14”-16”).....	92
Tabela 48 - Comparação de Tempos Padrão (14”-19”) .....	92
Tabela 49 - Comparação de Tempos Padrão (16”-21”) .....	93
Tabela 50 - Tempos padrão setup’s – APEX’s.....	93
Tabela 51 - Comparação tempos setup antigos (2011) com os tempos atuais – APEX’s.....	94
Tabela 52 – Perturbações Operador Assistente.....	95
Tabela 53 – Plano de Ação – CT’s.....	96
Tabela 54 - Tabela de cálculo da fadiga (Operador Assistente) .....	97
Tabela 55 – Tarefas Operador Assistente.....	98
Tabela 56 - Número de talões com cunha necessário para existir uma mudança de setup .....	99
Tabela 57 - Tarefas dos operadores assistentes e ocorrências (55.000 pneus) .....	100
Tabela 58 – Manning de operadores assistentes necessários para a secção de construção de talões com cunha .....	101
Tabela 59 – Cenários para manning dos operadores assistentes.....	102
Tabela 60 – Ferramentas necessárias para mudanças de setup – CT’s .....	105
Tabela 61 – Componentes e respetiva quantidade para mudança do número de arames .....	106

Tabela 62 – Mudança do número de arames realizada por 2 operadores – CT#01 .....	111
Tabela 63 – Tempos de mudança do número de arames com dois operadores .....	112
Tabela 64 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) atual – CT’s.....	113
Tabela 65 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) com a implementação das sugestões sugeridas – CT’s.....	113
Tabela 66 – Comparação do OEE atual com o OEE utilizando as melhorias propostas .....	113
Tabela 67 – Identificação de tarefas internas e externas – Mudança de jante .....	114
Tabela 68 - Mudança de jante realizada por 2 operadores - APEX.....	115
Tabela 69 – Mudança de tambor realizada por 2 operadores – APEX .....	116
Tabela 70 - Identificação de tarefas internas e externas – Mudança de cunha sem mudança de composto.....	117
Tabela 71 – Mudança de cunha sem mudança de composto realizada por 2 operadores - APEX .....	118
Tabela 72 – Alocação de feiras a máquina .....	120
Tabela 73 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) atual – APEX’s.....	122
Tabela 74 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) com a implementação das sugestões sugeridas – APEX’s.....	123
Tabela 75 – Comparação do OEE atual com o OEE utilizando as melhorias propostas .....	123
Tabela 76 – Tempos de ciclo (APEX#01-APEX#05).....	143
Tabela 77 - Tempos de ciclo (APEX#07-APEX#09).....	144
Tabela 78 - Tempos de ciclo (APEX#10-APEX#12).....	145



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Calculo do índice de disponibilidade .....	12
Equação 2- Calculo do índice de performance .....	12
Equação 3 - Calculo do índice de qualidade .....	12
Equação 4 - Calculo da métrica OEE .....	13
Equação 5 - Formula de cálculo do tempo padrão para o tempo de ciclo .....	65
Equação 6 - Formula para cálculo do tempo de rotação da jante.....	67
Equação 7 - Formula para cálculo dos ciclos por minuto.....	68
Equação 8 - Calculo tempo padrão setup's.....	70
Equação 9 - Calculo do tempo de mudança de jante com mudança do número de arames ....	70



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

TPS – *Toyota Production System*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

CMIP – Continental Mabor Industria de Pneus

KPI – *Key Performance Indicator*

PLT – *Passenger and Light Truck Tires*

CVT – *Commercial Vehicle Tire*

TBM – *Tire Building Machine*

KM - *Karcass Machine*

PU - *Pressure Unity*

CT – Máquina de Construção de Núcleos de Talões

APEX – Máquina de Aplicação Cunha Núcleo (Construção de talões com cunha)

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

FIFO – *First in First Out*

TM – Tempo de máquina

TO – Tempo de operador





## **1. INTRODUÇÃO**

O presente capítulo apresenta o enquadramento do projeto desenvolvido, tendo como foco a importância da implementação de soluções *lean manufacturing* num sistema produtivo. Ainda são apresentados os objetivos que se pretende alcançar e a metodologia de investigação adotada durante a realização do projeto.

### **1.1 Enquadramento**

Cada vez o mercado torna-se mais competitivo e exigente, em que os prazos de entrega devem ser cada vez menores e a qualidade cada vez maior, e por isso é torna-se necessário uma constante busca pela melhoria contínua dos processos produtivos.

Com isto, o esforço para a melhoria contínua é necessário recorrer a abordagens adequadas e que sejam apoiadas pelas ferramentas adequadas. Neste contexto encontra-se o paradigma *Lean Manufacturing* e o conjunto de ferramentas a ele associados, que vão apoiar na melhoria contínua dos processos produtivos.

O *Lean Manufacturing*, permite às empresas reduzirem as suas despesas através da eliminação de desperdícios gerados pelo processo produtivo. O *Lean Manufacturing* considera sete tipos de desperdícios sendo eles: excesso de Produção, espera, transporte, *stock*, deslocações, sob processamento e defeitos.

Para a eliminação desses desperdícios gerados pelo sistema produtivo o *Lean Manufacturing*, oferece diversas ferramentas e técnicas que permitem eliminar tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto final. A melhoria do desempenho de um sistema produtivo torna as empresas mais competitivas.

A Continental Mabor S.A. – Indústria de Pneus, tem por objetivo tornar-se mais competitiva no mercado, e investe no desenvolvimento de novos processos para a produção de pneus, que lhe permita ser mais competitivo perante os seus concorrentes. Com pensamento assente na melhoria contínua dos seus processos, a Continental Mabor S.A. tem cada vez mais vantagens com a organização do seu sistema produtivo.

O projeto realizado vai de encontro ao pretendido pela Continental Mabor S.A., pois pretende-se melhorar o sistema produtivo em estudo, eliminando os desperdícios. O processo produtivo onde irá ser realizado o estudo e implementação de ferramentas *Lean*

*Manufacturing*, é o processo de construção de núcleos de talão e o processo de construção de talões com cunha, situados no Departamento II – Preparação (Preparação Quente).

### 1.2 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação, é o de melhorar os processos produtivos de construção de núcleos de talão e aplicação cunha núcleo, na empresa Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A., através da implementação de conceitos e ferramentas inerentes ao *lean manufacturing*.

Como objetivos parciais, pretende-se numa fase inicial do projeto, a realização de uma análise detalhada das secções, de modo a identificar os problemas existentes nos locais de trabalho, e a atualização dos tempos e métodos nos processos de construção de talões com cunha. Identificados os problemas, pretende-se determinar quais as ferramentas *lean manufacturing*, que melhor se para a sua resolução.

A elaboração de propostas de melhoria para o sistema produtivo em estudo, em termos de organização da produção, e se possível, implementação dessas propostas de melhoria nas secções em estudo. As propostas passam por implementação do método SMED, com vista a diminuir os tempos de *setup* das máquinas em estudo, e proceder a organização dos locais de trabalho com a implementação de metodologias como a dos 5'S e de gestão visual. Por fim é necessário analisar os resultados obtidos através dessas ações de melhoria, com vista a quantificar os benefícios inerentes a essas ações de melhoria.

### 1.3 Metodologias de Investigação

A metodologia de investigação tem como base servir de apoio para um desenvolvimento de um projeto de investigação, desde a sua fase inicial até a sua conclusão. Inicialmente um processo de investigação inicia-se com a formulação do tópico de investigação e posteriormente é necessário realizar uma revisão da literatura sobre o tópico definido. Seguidamente é necessário realizar o planeamento da investigação e proceder à recolha de dados e análise dos mesmos. Por fim proceder-se à escrita do trabalho, com o objetivo de descrever o trabalho de investigação realizado.

**A aplicação de metodologias *lean manufacturing* contribui para aumentar a competitividade da empresa?**

Este trabalho tem como objetivo é responder à questão de investigação anterior, através de uma equipa de pessoas de diversas áreas e departamentos que, direta ou indiretamente, integram a equipa de trabalho deste projeto. Foi utilizada a metodologia investigação-ação (*action research*) pois foi optada uma postura colaborativa e interventiva pelos intervenientes do grupo de trabalho do projeto.

Lewit, em 1946, foi o primeiro a utilizar a estratégia investigação-ação. Esta estratégia tem como base o princípio do “aprender fazendo” (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). O primeiro foco é a identificação do problema, criar um plano de ações para resolução do problema, analisar os resultados obtidos pelas ações realizadas, e caso não corresponderem às expectativas, realizar o ciclo novamente, até que se atinjam os objetivos desejados (O’Brien, 1998).

Este tipo de estratégia tem como fundamento a investigação de uma forma ativa e não no sentido de investigação da ação. Requer o envolvimento, juntamente com o investigador, dos trabalhadores, formando assim um ambiente colaborativo entre ambos. Este tipo de estratégia apresenta uma natureza iterativa dos processos, como se pode verificar pela Figura 1.

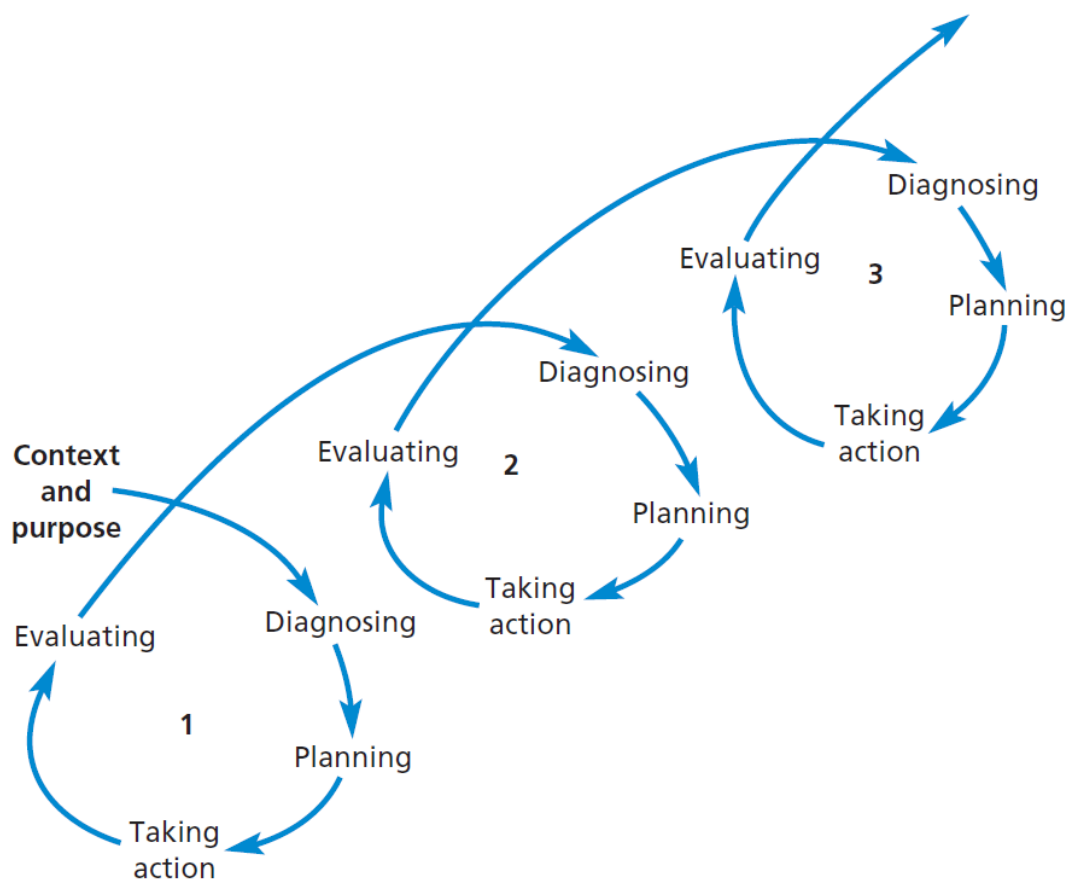


Figura 1 - Processo iterativo da investigação ação (Saunders et al., 2009)

A estratégia de investigação trata-se de um processo iterativo, onde se inclui diagnóstico, o planeamento, a ação e a avaliação. O processo de diagnóstico consiste na recolha e tratamento de dados em estudo. No planeamento, envolve a decisão sobre as ações a serem tomadas das conclusões geradas no processo de diagnóstico. A ação é a implementação das ações planeadas. A avaliação, tem por objetivo analisar a implementação das ações, e verificar se foram atingidos os resultados esperados (Saunders et al., 2009).

### **1.4 Estrutura da Dissertação**

A estrutura da presente dissertação é composta por seis capítulos. O Capítulo 1, dedica-se a uma introdução do trabalho, apresenta o enquadramento, os objetivos e a metodologia de investigação utilizada.

No Capítulo 2, é realizada uma revisão bibliográfica sobre o *lean manufacturing*, com particular ênfase nas técnicas e ferramentas utilizadas no contexto da presente dissertação.

No Capítulo 3, é descrita a empresa onde foi realizado o estudo para a escrita da dissertação. Neste capítulo é apresentada a empresa e o processo produtivo da Continental Mabor – Indústria de Pneus S.A., uma descrição dos departamentos presentes na empresa, a descrição dos componentes presentes num Pneu e o respetivo processo produtivo da empresa.

No Capítulo 4, é descrito o processo de fabrico em estudo, ou seja, aos processos de construção de núcleos de talão e aplicação cunha núcleo, situados no Departamento II – Preparação (Preparação Quente). É feita uma análise dos tempos de ciclo, dos tempos de *setup* e uma análise do *manning level* necessário para o normal funcionamento dos processos.

No Capítulo 5, descrevem-se as propostas de melhoria apresentadas à empresa. As propostas de melhoria visam solucionar os problemas e melhorar o desempenho do processo produtivo, através da implementação de ferramentas *lean manufacturing*.

No Capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões retiradas da realização deste estudo e são também apresentadas sugestões para um trabalho futuro, com vista à melhoria do processo produtivo em estudo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Uma vez que, este projeto tem como objetivo explorar a organização de um sistema produtivo utilizando ferramentas *lean manufacturing*. Neste capítulo será realizada uma revisão e descrição das filosofias *lean manufacturing*, bem como as ferramentas que podem ser utilizadas para eliminar os desperdícios identificados por esta filosofia. As ferramentas *lean manufacturing* que vão ser alvo de estudo nesta dissertação será a metodologia 5'S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e a normalização do trabalho.

### **2.1 *Lean Manufacturing***

Para explicar os fundamentos por detrás do *lean manufacturing* é necessário introduzir os conceitos de produção em massa, produção artesanal e ainda o *Toyota Production System*<sup>1</sup>(TPS).

Antes da introdução do conceito de produção em massa, as empresas fabricavam os seus produtos de forma artesanal. A produção artesanal consiste na produção do produto desde o seu início até a sua conclusão de uma forma artesanal e manual. Para isso era necessário dispor de funcionários com elevado nível de especialização, ou seja, com conhecimentos para produzir o produto durante todo o seu processo. Este tipo de produção requer muita mão-de-obra qualificada e a utilização de ferramentas simples para satisfazer as necessidades dos clientes. Produtos fabricados desta forma podem ser considerados únicos, pois estes não se regem por padrões de normalização dos seus componentes, fazendo que não existam então dois produtos iguais. A desvantagem associada a produtos produzidos de forma artesanal são, os elevados custo de produção, a baixa produtividade e a consistência da qualidade do produto final (Womack, & Roos, 1991).

Henry Ford, pelo ano de 1915, sentiu a necessidade de satisfazer a demanda para o seu novo modelo, modelo T (Figura 2). Para satisfazer todas as encomendas Ford projetou uma maneira para que o produto pudesse ser fabricado de forma fácil, rápida e de baixo custo. Para isso adotou o sistema de produção em massa (Alizon, Shooter, & Simpson, 2009).

---

<sup>1</sup> - *Toyota Production System* – Sistema de Produção Toyota



Figura 2 - Ford T (Ford, 1922)

No modelo de produção em massa, é utilizado o conceito de linhas de produção, onde cada funcionário estaria associado a um único posto de trabalho e apenas desempenhava uma tarefa nos veículos que lhe chegavam através do transportador da linha. O elemento chave para o conceito de produção em massa é permutabilidade dos componentes e a simplicidade de montagem dos mesmos (Womack et al., 1991). Com estas inovações na produção e que tornaram uma linha de montagem possível, permitiram a Ford obter elevadas vantagens sobre a sua concorrência.

Com o sucesso dos resultados obtidos pela Ford, este modelo de produção foi adotado pelas diversas fábricas de produção de automóveis por todo o mundo. Apesar de ter uma elevada capacidade de produção, a indústria automóvel oferecia pouca diversidade de produtos, pois os processos recorriam a processos de fabrico complexos e pouco flexíveis, o que limita a capacidade da indústria se adaptar ao que o mercado pretende.

*“Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black.”*

(Ford, 1922)

À medida que a tecnologia evoluía e a sociedade se transformava, o modelo de produção em massa foi perdendo relevância devido a impossibilidade de ser um modelo flexível, quando o mercado já pede uma maior diversificação dos produtos existentes.

Embora, Henry Ford com a produção em massa, tenha desenvolvido conceitos como as linhas de produção, a minimização dos deslocamentos e as preocupações com a ergonomia dos seus funcionários, apresentava ainda grandes problemas como os elevados níveis de *stock* existente e a limitada variedade de produtos lançados para o mercado (Hu, 2013).

Com as expectativas dos clientes a crescerem, existiu logo uma necessidade de diversificar os produtos. O modelo de produção em massa chegou a uma situação de estagnação e a indústria precisava de um novo modelo de produção que pudesse satisfazer o mercado.

No período após a II Guerra Mundial, o Japão encontrava-se economicamente fragilizado, devastado e com necessidade de reconstruir o país. A indústria automóvel Japonesa, pouco desenvolvida e aliado a falta de recursos (mão de obra e matérias primas), era incapaz de acompanhar a Ford.

Após 1950, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, procurou desenvolver um modelo de produção económico e de resposta rápida ao pretendido pelo mercado. Por um lado, pretendia que este modelo respondesse ao panorama económico japonês da altura, mas também a concorrência dos mercados externos. Assim nasce um novo modelo produtivo designado por *Toyota Production System* (TPS), que se baseia essencialmente na eliminação dos desperdícios (2.2 Desperdícios) e para se adaptar ao pretendido pelos mercados (Womack et al., 1991).

O TPS tornou-se bastante popular devido as melhorias significativas que introduziu ao nível da produtividade, da qualidade do produto e dos serviços prestados aos clientes, aumentando desta forma o nível de competitividade das empresas (Womack et al., 1991). A eliminação total dos desperdícios requer os seguintes dois passos (Ohno, 1988):

1. Aumento da eficácia, o que é traduzido numa redução dos custos produzindo somente o necessário, e com o mínimo de mão-de-obra.
2. Aumento da eficiência da fábrica, o que deve resultar da propagação das melhorias implementadas por toda a fábrica.

### **2.2 Desperdícios**

Uma das formas de implementar as metodologias *lean manufacturing* e melhorar o desempenho de um sistema de produção é através da identificação e eliminação dos desperdícios existentes no processo produtivo. Desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto, do ponto de vista do cliente (Ortiz, 2006). A não eliminação destes desperdícios vão, em última instancia, influenciar o preço do produto pago pelo cliente (Carreira, 2005).



Figura 3 - Atividades que acrescentam valor e não acrescentam valor (Pinto, 2008)

Para uma clara identificação de desperdícios numa empresa é então necessário classificar todas as atividades do processo de forma a distinguir aquelas que acrescentam valor ao produto das que não acrescentam (Ortiz, 2006).

Os sete desperdícios, ou *mudas* em japonês, que são as atividades classificadas que consomem recursos e não acrescentam valor, são segundo Ohno (1988) e Shingo (1989):

1. **Excesso de Produção:** existe quando um produto é produzido além do necessário (Lander & K., 2007). Quando existe produção acima do que é necessário, origina níveis elevados de *stock* (Peter Hines & Rich, 1997). Segundo Abdullah (2003), o excesso de produção é o pior dos desperdícios, já que tende a originar outros desperdícios. Existem diversas formas de eliminar este desperdício, uma delas é a diminuição do tamanho dos lotes produzidos e a diminuição do tempo de preparação das máquinas (Pinto, 2008).
2. **Espera:** São períodos de tempo onde os recursos se encontram indisponíveis (Peter Hines & Rich, 1997). Isto acontece quando há recursos que não são utilizados por se encontrarem à espera de material para produzir. A falta de balanceamento dos processos e os longos períodos de preparação da máquina podem causar este tipo de desperdício.
3. **Transporte:** São movimentações necessárias de materiais de um local para o outro, que resulta em tempos perdidos, recursos consumidos e um acréscimo no custo final do produto. O trajeto de movimentação de materiais deve ser o mínimo possível. As matérias deverão fluir entre etapas o mais rápido possível, sem interrupções e sem armazenamento intermédio (Peter Hines & Rich, 1997).



4. **Stock:** *Stock's* são originados por quantidades produzidas superiores as necessárias para o processo ou para o cliente (Ortiz, 2006). O excesso de *stock* origina utilização excessiva de recursos, de movimentação, ocupação de meios de armazenamento, produtos fora de gama e problemas de qualidade (Peter Hines & Rich, 1997).
5. **Deslocações:** As deslocações por parte dos operadores na execução de uma operação inerente ao processo e que não acrescenta valor ao produto final (J.P. Womack & Jones, 1996). Este tipo de desperdício é causado pela falta de organização no posto de trabalho.
6. **Sob produção:** Qualquer operação que seja desnecessária na execução de um produto é considerada um desperdício (Peter Hines & Rich, 1997). Pelo facto de não serem necessárias para o processamento do produto, estas tarefas não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto (Ortiz, 2006).
7. **Defeitos:** São produtos que não cumprem com os requisitos de qualidade impostos pelos responsáveis (Ortiz, 2006). A não conformidade dos produtos pode implicar a rejeição do produto pelo cliente ou a necessidade de voltar a submeter os produtos ao processo produtivo de forma a obter os requisitos propostos pelo cliente (Peter Hines & Rich, 1997).

Liker (2004) defende, no seu livro “The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer”, a existência de um oitavo desperdício, definido como o desperdício do potencial e da criatividade dos operadores.

A utilização da criatividade dos operadores pode levar a uma melhoria do processo produtivo, pois este conhece melhor o sistema produtivo e está mais apto a dar sugestões de melhoria para o processo. Para que isso aconteça torna-se necessário dar a conhecer à organização o conceito de desperdício, de forma a sensibilizar os operadores a sugerir possíveis melhorias que estes evidenciem no processo. A não utilização do potencial dos trabalhadores, ou mesmo a colocação destes em postos onde não se sintam confortáveis são decisões que levam à criação de desperdícios, e que podem por em causa a qualidade do produto final.

Existem empresas onde já é possível uma redução do desperdício proposto por Liker (2004), onde estas criam um sistema de sugestões ou sistemas de melhoria contínua,

onde os trabalhadores são convidados a partilhar as suas ideias para a melhoria do processo, em que, em algumas empresas, os operadores possam vir ser recompensados pelas ideias, de forma a incentivar os operadores a procura da melhoria continua pelo bem do processo produtivo.

### 2.3 Paradigma do *Lean Manufacturing*

“A produção *lean* é um sistema sociotécnico integrado, cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios e em simultâneo reduzir ou minimizar a variabilidade interna, dos fornecedores e dos clientes” (Shah & T., 2007).

Para que existam benefícios através da aplicação das metodologias Lean é necessário que a organização esteja focada na cadeia de valor (Bhasin & Burcher, 2006). Womack (1996) apresenta cinco princípios assentes a um sistema *lean manufacturing* (Figura 4).

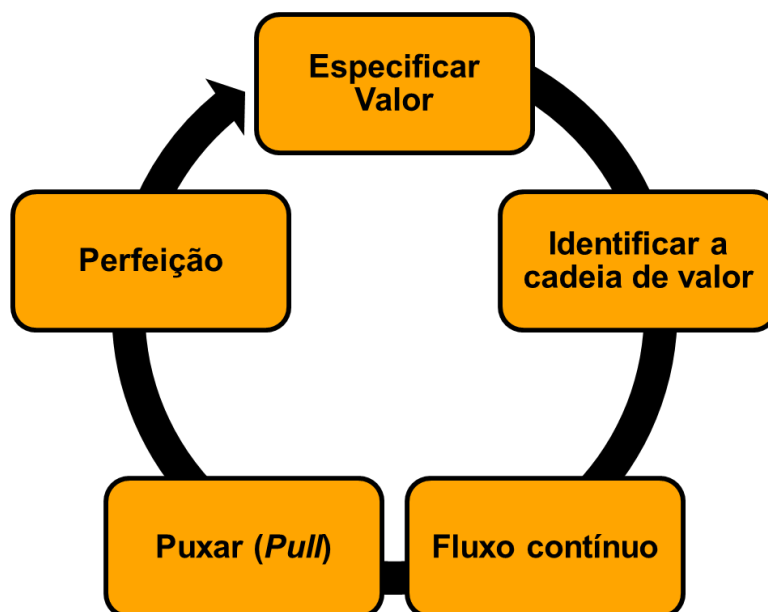


Figura 4 - Princípios *lean manufacturing* (Womack & Jones, 1996)

- **Especificar valor**, onde são identificadas as principais características para assegurar a funcionalidade desejada pelo cliente (Peter Hines & Rich, 1997). Todas as características do produto, que do ponto de vista do cliente, não adicionem valor ao produto são desnecessárias. Caso isto aconteça o produto ou processo devem ser alvo de melhoria (Womack & Jones, 1996).
- A **identificação da cadeia de valor** que caracteriza-se por todos os processos necessários para uma empresa entregar um produto ao seu cliente (Pinto, 2008).

A cadeia de valor engloba todas as atividades desde de a receção do pedido a empresa até a expedição do produto para o cliente, assim a cadeia de valor engloba os processos que desenvolvem, produzem e entregam.

- Um **fluxo contínuo** quer de informação como de materiais. Para isso é necessário produzir só o necessário no momento necessário, e assim evitar atividades que não acrescentem valor ao produto final, tornando o processo o mais fluído possível (Pinto, 2008).
- Um sistema **pull** (puxar), onde o cliente impulsiona a produção de quantidades por ele requeridas, produzindo assim só o necessário (Pinto, 2008).
- Perseguir a **perfeição**, a aplicação dos princípios anteriores deve originar melhoria contínua (*Kaizen*). Através da eliminação dos desperdícios dentro de uma organização, para garantir que só as atividades que geram valor ao produto estejam presentes (Peter Hines & Rich, 1997).

### 2.4 Ferramentas e Técnicas *Lean Manufacturing*

Neste subcapítulo, pretende-se dar a conhecer algumas das ferramentas e técnicas associadas a metodologias *lean manufacturing*, que permitem a identificação e eliminação de desperdícios gerados no processo produtivo. As ferramentas e técnicas apresentadas são aquelas que o autor considera as mais importantes e utilizadas no decorrer do estudo em questão.

#### 2.4.1 *Overall Equipment Effectiveness* – OEE

O conceito *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), foi desenvolvido por Nakajima (1988), e teve origem no *Total Productive Maintenance* (TPM). A ferramenta foi desenvolvida para avaliar a eficiência dos equipamentos e também para a medição da melhoria contínua dos processos produtivos.

A métrica do OEE, é considerada com uma *Key Performance Indicator* (KPI), amplamente utilizada na indústria, na qual se permite medir a eficiência de equipamentos, de sistemas de produção ou de unidades industriais.

Nakajima evidenciou seis tipos de perdas dos equipamentos gerados devido a problemas dos mesmos, ou seja:

- Falha nos equipamentos;
- Mudança ou afinação e outras paragens;
- Pequenas paragens;
- Redução de velocidade relativamente ao definido teoricamente;
- Defeitos e retrabalho do produto;
- Perdas de arranque e mudança de artigo.

De forma a obter o valor de OEE, é necessário recorrer a 3 índices: o índice de disponibilidade, o índice de performance e o índice de qualidade.

O índice de disponibilidade (Equação 1) é um indicador utilizado para medir as perdas por paragens não planeadas do equipamento. O índice de disponibilidade reduz através paragens do equipamento causado por ocorrências, como:

- Falta, temporária de operador;
- Falta de materiais;
- Falta de ordem de produção;
- Espera por manutenção.

*Equação 1 - Calculo do índice de disponibilidade*

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo disponível}}$$

O índice de performance (Equação 2) é um indicador utilizado para medir as perdas relativas ao volume a ser produzido durante o período de funcionamento do equipamento.

*Equação 2 - Calculo do índice de performance*

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

O índice de qualidade (Equação 3) é um indicador utilizado para medir as perdas relativas a qualidade do produto final.

*Equação 3 - Calculo do índice de qualidade*

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças conformes}}{\text{Peças produzidas}}$$

O valor de OEE, é obtido através da multiplicação dos três índices numéricos anteriormente descritos (Equação 4).

Equação 4 - Cálculo da métrica OEE

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

Com a determinação do OEE apenas é possível avaliar a eficiência dos equipamentos e nunca a avaliação da mão-de-obra do processo (Team, 1999). É possível, através do cálculo do OEE, avaliar os efeitos das ações de melhoria desenvolvidas, identificando formas de tornar os equipamentos mais eficazes, gerando desta forma maior valor para a empresa.

A métrica OEE pode ser aplicada como um indicador de fiabilidade num sistema produtivo, permitindo avaliar os equipamentos, de forma a garantir permanentemente uma melhoria da produtividade e uma redução dos custos associados aos equipamentos (Ahuja & Khamba, 2008).

### 2.4.2 *Kaizen*

A metodologia *Kaizen*, teve origem no Japão, em 1986, pelas mãos de Masaki Imai. O nome deriva da junção das palavras Japonesa *Kai* e *Zen*, onde *Kai* significa mudança e *Zen* “para melhor” originando o então o termo “melhoria contínua” (Imai, 1986), sendo metodologia *Kaizen* é um dos principais fundamentos da filosofia *lean manufacturing* (Melton, 2005). A metodologia *Kaizen* visa a melhoria dos sistemas produtivos de forma progressiva e contínua ao longo do tempo (Figura 5).

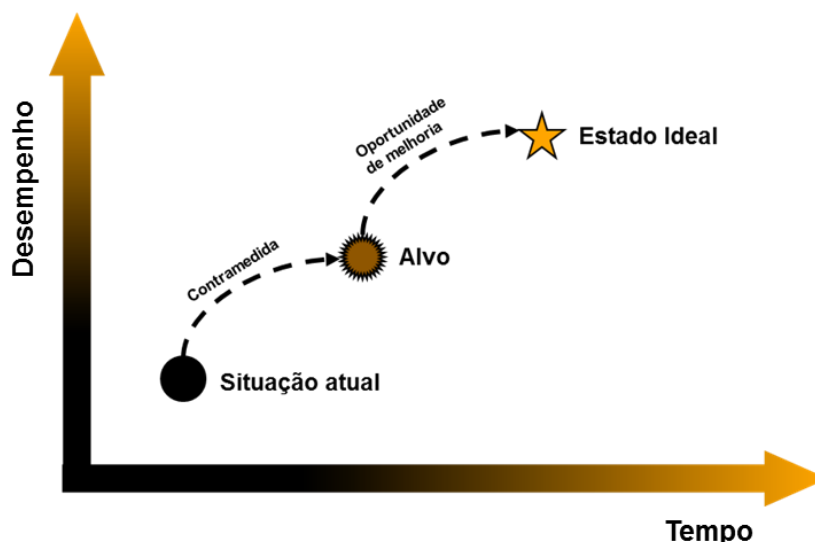


Figura 5 - Evolução contínua até a perfeição (Estado Ideal) (Pinto, 2008)

Segundo Melton (2005), *Kaizen* representa uma atividade com o objetivo de remover os desperdícios de forma a criar mais valor, onde se deve atingir a perfeição. As

melhorias obtidas através desta metodologia são, geralmente, pequenas e subtis, mas os seus resultados a longo prazo podem ser grande e de longa duração (Ortiz, 2006).

W. Edwards Deming, em 1950, introduz uma ferramenta onde é possível identificar os passos para se proceder a implementação da metodologia *Kaizen*, o ciclo PDCA. O ciclo PDCA, é uma abordagem cíclica que incorpora os processos de planeamento (*P- Plan*), implementação (*D - Do*), verificação (*C - Check*) e ação (*A - Action*) (Pinto, 2008). Através da Figura 6 pretende-se demonstrar a relação entre o ciclo PDCA com a procura da melhoria contínua.

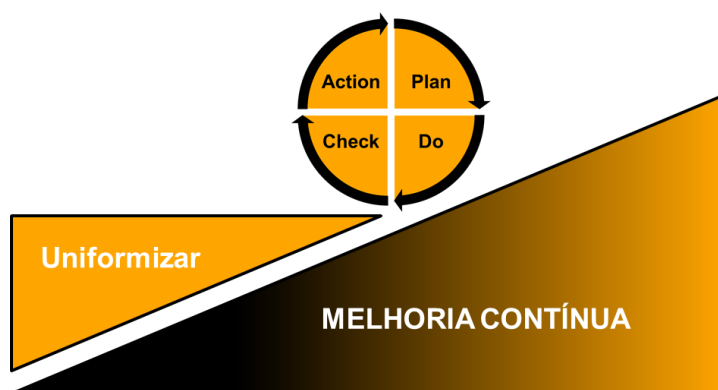


Figura 6 - Melhoria contínua com o ciclo PDCA (Pinto, 2008)

**Planeamento (*Plan*)** – é a primeira fase de iniciação do projeto de melhoria, onde se estabelece o objetivo, define-se a estratégia para identificar os problemas e planeia-se ações de forma a atingir os objetivos pretendidos (P. Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2011).

**Implementação (*Do*)** – consiste na execução tarefas de acordo com o que foi definido na fase de planeamento. É necessário que todas as pessoas estejam envolvidas e consciencializadas das atividades a ser executadas de forma a implementar o plano estabelecido (P. Hines et al., 2011).

**Verificação (*Check*)** – nesta fase pretende monitorizar as ações definidas e avaliar os resultados obtidos. Pretende-se retirar conclusões quanto aos resultados, de forma a identificar quais os objetivos cumpridos através das ações planeadas e os objetivos que não foram atingidos.

**Ação (*Action*)** – nesta última fase são revistas as ações tomadas nas fases anteriores, de forma a garantir que estas foram cumpridas. São também identificados os objetivos que não foram atingidos através das medidas implementadas, de forma a

proceder novamente a realização de um novo ciclo PDCA para garantir a tomada de ações no sentido de atingir os objetivos que não foram cumpridos no primeiro ciclo.

### 2.4.3 Metodologia 5'S

A metodologia 5's surge no Japão em 1960, desenvolvida por Takashi Toyota (Ohno, 1988), e é uma das ferramentas mais utilizadas para incutir a melhoria contínua de forma sequencial e gradual nas empresas (Abdullah, 2003).

A aplicação da técnica 5's elimina os desperdícios que resultam de um local de trabalho desorganizado, como por exemplo a perda de tempo a procura de objetos para o normal funcionamento da produção (Feld, 2000). A metodologia 5'S engloba cinco atividades, utilizadas para promover um espaço de trabalho organizado e adequado criando um ambiente de qualidade na organização (Melton, 2005; Moulding, 2010).

A implementação da metodologia 5's baseia-se em 5 palavras de origem japonesa começadas pela letra S, sendo que cada palavra define um passo para a implementação da metodologia. Para implementar a metodologia 5's seguem-se a tarefa de eliminar (*SEIRI*) todo o que é desnecessário no posto de trabalho, organizar (*SEITON*) materiais indispensáveis, limpar (*SEISO*) a área de trabalho, normalizar (*SEIKETSU*) e manter as alterações e manter (*SHITSUKE*) o local limpo e organizado (Pinto, 2008) (Figura 7).

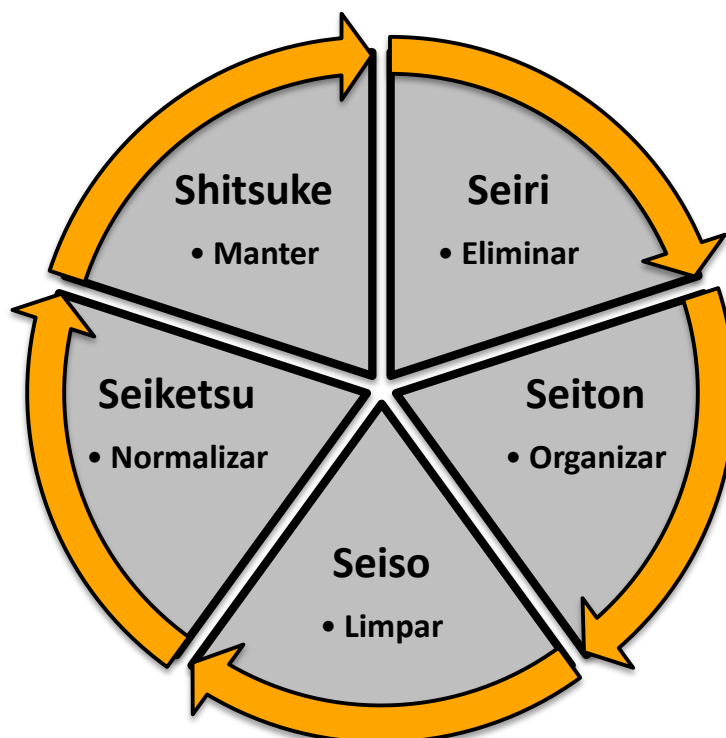


Figura 7 - Metodologia 5'S

**Eliminar (*Seiri*)** – trata-se do primeiro passo para a implementação da metodologia 5'S, que consistem em separar o útil do “inútil” para a realização das tarefas, eliminando assim tudo o que é desnecessário (Ortiz, 2006). A acumulação de material desnecessário no posto de trabalho surge através da inovação de tecnologia e introdução de novas ferramentas para melhorar as características do produto. Isto leva a uma substituição dos materiais antigos por novos materiais para auxílio na realização de certas operações. Na inclusão de novos materiais deve proceder-se à eliminação dos materiais obsoletos, ou estes vão acumulando-se ao longo do tempo originando desorganização do posto de trabalho.

**Organizar (*Seiton*)** – a segunda etapa da implementação desta metodologia, passa por organizar todos os materiais necessários para a realização das tarefas no posto de trabalho. É necessário definir locais para arrumação dos materiais necessários, de forma a estarem devidamente organizados e identificados. Para isso, devem ser implementados armários ou sistemas de arrumação num sítio visível e de fácil acesso, com os materiais estritamente necessários para a realização das tarefas no posto de trabalho devidamente identificados.

**Limpar (*Seiso*)** – para implementação desta metodologia, é necessário limpar e definir regras para manter a área de trabalho sempre limpa e organizada. A limpeza do posto de trabalho auxiliar numa deteção mais rápida e fácil de problemas ou avarias que podem acontecer. A transmissão da ideia de um local limpo e organizado leva a crer que naquele posto de trabalho se procura produzir produtos com qualidade (Pinto, 2008).

**Normalizar (*Seiketsu*)** – é necessário estabelecer normas e padrões que obedeçam a determinados parâmetros definidos. Constituir padrões de limpeza do local de trabalho e normalizar o local apropriado para a colocação dos materiais necessários nos locais apropriados para a colocação da mesma.

A normalização do posto de trabalho faz com que seja mais fácil para os operadores atuarem em situações problemáticas mais rapidamente e de forma mais organizada, sendo mais simples e intuitiva a atuação. É necessário dar a conhecer aos operadores como deve estar o local de trabalho e onde se situam os materiais inerentes ao posto de trabalho.



**Manter (*Shitsuke*)** – o último passo para implementação da metodologia 5'S, é também o passo mais difícil de concretizar, que consiste em manter o local de trabalho segundo as normas e padrões definidos anteriormente (Ortiz, 2006). É necessário controlar e monitorizar a área de trabalho verificando se as regras definidas estão a ser cumpridas por parte dos operadores. Para isso é necessário a realização de auditorias periodicamente aos postos de trabalho, com o intuito de verificar se o posto se encontra segundo as normas criadas.

A consciencialização por parte dos operadores por terem um posto de trabalho organizado ajuda a que estes possam identificar a desordem no processo (Fujimoto, 1999).

A definição de locais para todas as ferramentas e sua identificação, faz com que os materiais fiquem arrumados e acessíveis aos operadores, não sendo necessário para os operadores procurarem pelos materiais, fazendo com que estes poupem esse tempo para realizar outras tarefas. A implementação da metodologia 5'S vem desta forma criar um ambiente de trabalho mais saudável, diminuído o risco de acidentes e a ocupação em demasia por parte de matérias que são desnecessárias para a zona.

#### 2.4.4 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

Devido às tendências do mercado atual, as empresas necessitam de oferecer uma grande variedade de produtos para que o mercado se sinta satisfeito. Para que exista uma grande variedade de produtos, é necessário que as máquinas estejam preparadas para sofrerem uma preparação para que possam ser produzidos outros tipos de produtos.

O tempo de preparação da máquina para mudança do tipo de produto a ser produzido é um importante fator de competitividade, pois influencia diretamente a flexibilidade que as empresas devem ter para se adaptarem às variações do mercado. Quanto maior for o tempo de preparação da máquina, a tendência é aumentar o tamanho dos lotes produzidos, de forma a reduzir o número de mudanças nas máquinas e por consequência reduzir os tempos perdidos (Shingo, 1985).

Com o objetivo de oferecer às empresas uma forma de se adaptarem às variações do mercado, Shigeo Shingo desenvolve, em 1960 na Toyota, a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED), com o objetivo de eliminar tempos excessivamente elevados na preparação das máquinas. *Single Minute* indica que esta metodologia procura atingir tempos com um só dígito, ou seja tempos inferiores a dez minutos, embora naturalmente,

---

muitas vezes isso não seja possível alcançar (Karasu, Cakmakci, Cakiroglu, Ayva, & Ortabas, 2014).

As operações que compõe o método de preparação das máquinas é designado por *setup*, e o seu tempo pode ser definido como sendo o tempo que decorre desde o último artigo conforme produzido até que é produzido o primeiro artigo conforme.

Segundo Shingo (1985), existem dois tipos de operações, operações internas e externas, na preparação da máquina. As operações internas, são aquelas que só podem ser realizadas enquanto as máquinas se encontram paradas. As operações externas são operações que podem ser realizadas enquanto as máquinas se encontra em funcionamento (Figura 8).



Figura 8 - Representação do tempo de setup

Para implementar a metodologia SMED Shingeo Shingo sugere a utilização de algumas técnicas visando a redução dos tempos de preparação das máquinas (Tabela 1)

Tabela 1 – Etapas para aplicação da metodologia SMED (Shingo & Dillon, 1989)

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Técnicas</b>
<b>1</b>	<b>Identificação das operações internas e externas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listas de verificação;</li> <li>• Verificação das condições de funcionamento;</li> <li>• Melhoria nos transportes.</li> </ul>
<b>2</b>	<b>Conversão de operações internas em operações externas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparação antecipada de condições operacionais;</li> <li>• Padronização de funções;</li> <li>• Utilização de recursos auxiliares.</li> </ul>
<b>3</b>	<b>Melhoria sistemática das operações internas e externas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhoria no armazenamento e transporte de materiais e ferramentas;</li> <li>• Implementação de operações em paralelo;</li> <li>• Uso de fixadores funcionais;</li> <li>• Eliminação de afinações finais;</li> <li>• Automação.</li> </ul>

Antes da realização das três etapas (Tabela 1) pelo qual o método SMED é caracterizado, é necessário considerar uma fase inicial ou preliminar. Nesta fase é analisado o método de trabalho utilizado nas máquinas para a realização do *setup*, e decompor esse método de trabalho em atividades. Definidas as operações envolvidas no *setup*, e então necessário determinar o tempo necessário para realização de cada atividade definida. Depois de realizada a etapa preliminar da metodologia SMED, procede-se à realização das restantes etapas que constituem uma forma de redução do tempo de *setup* das máquinas (Figura 9).

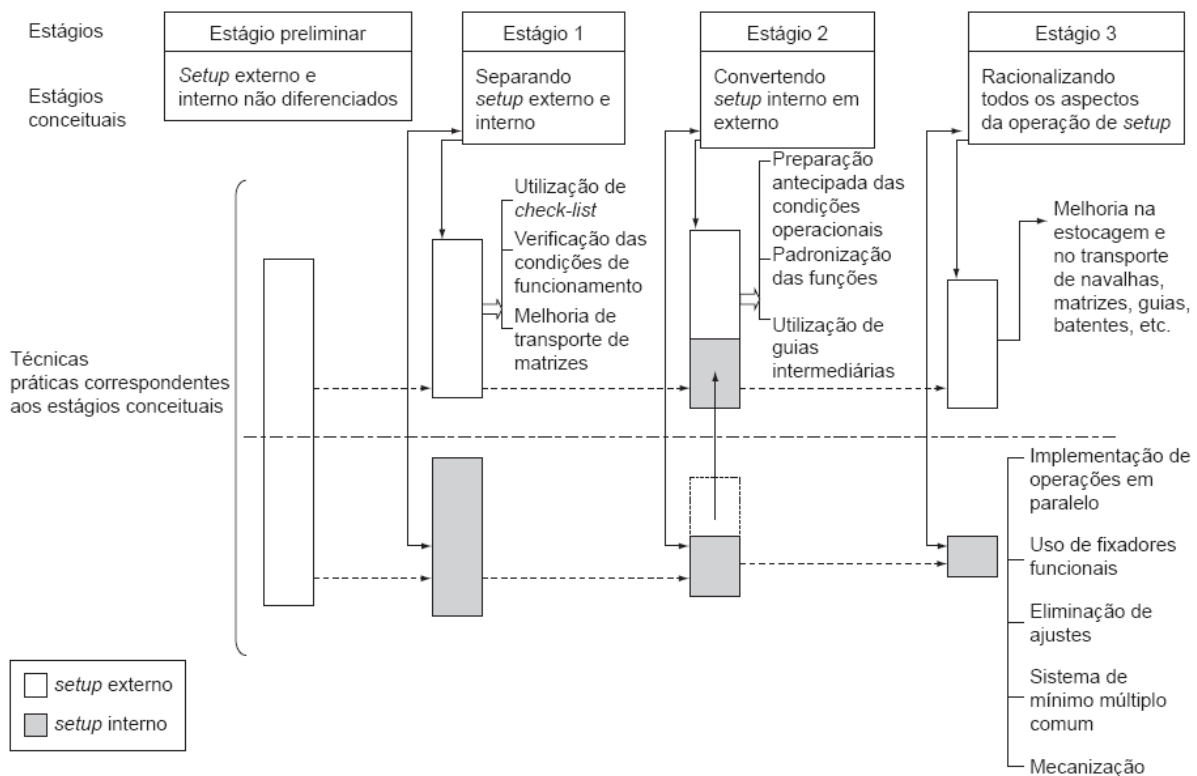


Figura 9 - Etapas que constituem a metodologia SMED (Shingo, 1985)

### Etapa 1 – Identificação das operações internas e externas

Nesta etapa pretende-se classificar as atividades que constituem o *setup* como operações internas, que são realizadas com a máquina parada, e operações externas, que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. É necessário analisar previamente as atividades do processo de preparação da máquina, para posteriormente, proceder a identificação e classificação de todas as atividades realizadas (Shingo, 1985).

Nesta fase podem ser aplicadas técnicas como as listas de verificação, verificação das condições de funcionamento e a melhoria nos transportes. As listas de verificação são utilizadas para identificar todos os elementos importantes para a execução de uma

atividade. A verificação das condições de funcionamento tem como propósito assegurar que todos os elementos necessários se encontrem operacionais e disponíveis para proceder a mudança de *setup*. A melhoria dos transportes visa reduzir as movimentações de matérias necessários de forma a otimizar as movimentações necessárias no decorrer das atividades.

### **Etapa 2 – Conversão de operações internas em operações externas**

Depois de classificadas as atividades como externas ou internas, é realizada uma análise para se verificar se as atividades classificadas como internas não necessitam de facto que a máquina esteja parada, convertendo assim essas mesmas atividades para externas, passando essas a ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Nesta fase é possível aplicar técnicas como a preparação antecipada de condições operacionais, a padronização de funções e a utilização de recursos auxiliares. A preparação antecipada de condições operacionais consiste em preparar atempadamente todos os recursos que iram ser necessários para a realização do *setup* enquanto a máquina se encontra em funcionamento. A padronização das funções permite que as atividades a realizar sejam as mínimas possíveis. A utilização de recursos auxiliares tem por objetivo realizar atividades, anteriormente realizadas na máquina, fora da máquina.

### **Etapa3 – Melhoria sistemática das operações internas e externas**

Esta etapa consiste numa melhoria das atividades classificadas como internas e externas no *setup*, sendo necessário recorrer a uma análise detalhada de todas as atividades que constituem o *setup*, e quando possível, implementar ações que visem a melhoria dessas atividades.

Nesta fase as técnicas aplicadas são a melhoria no armazenamento e transporte de materiais e ferramentas, a implementação de operações em paralelo, a utilização de fixadores funcionais, a eliminação de afinações finais, e automação da máquina.

Na presença de atividades distintas realizadas em locais diferentes da máquina, é possível recorrer a implementação de operações em paralelo, ou seja, nestas situações é possível colocar mais do que um operador a realizar as atividades de mudança de *setup*, reduzindo assim as movimentações durante as atividades externas, e consequentemente o tempo em que a máquina necessita estar parada.

A implementação de fixadores funcionais leva a uma diminuição do tempo necessário para fixar de partes da máquina. Segundo Shingeo Shingo (1989), tendo como

exemplo um parafuso com 15 voltas, este necessita de 14 voltas antes de se proceder ao aperto final de 1 volta. Pode-se então considerar que a última volta aperta o parafuso e a primeira volta desaperta, sendo as restantes voltas desperdício.

As afinações finais são importantes quando o posicionamento ou definição de um parâmetro não foi inicialmente bem-sucedido. Segundo Shingeo Shingo (1989), estas atividades representam entre 50% a 70% do tempo das atividades internas do *setup* das máquinas. A eliminação destas afinações representa ganhos consideráveis no tempo necessário para a mudança de *setup* de uma máquina.

A automatização consiste, por exemplo, em tornar processos realizados por operador em operações realizadas pela máquina, como subir e descer um tabuleiro. Consiste também na movimentação de ferramentas de grandes dimensões de forma mais eficaz, recorrendo a recursos adequados, reduzindo o tempo gasto em movimentações.

### 2.4.5 Sistema *Pull/Push*

Na sequência de produção de um produto, quando as necessidades do cliente dão origem a ordens de produção sucessivas na sequência, estamos presente um sistema de produção pull.

Num armazém, quando removida uma determinada quantidade de um artigo, são lançadas ordens de produção com a respetiva quantidade do artigo para o processo ou posto de trabalho. Quando recebe a ordem de produção, este ultimo, lança outra ordem de produção para o posto anterior com as quantidades necessárias produzir, de forma a repor os materiais removidos do armazém, e assim sucessivamente ao longo de toda a sequência de fabrico do produto em falta (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999). As quantidades a produzir num posto de trabalho dependem das necessidades de procura do posto de trabalho seguintes (Figura 10).

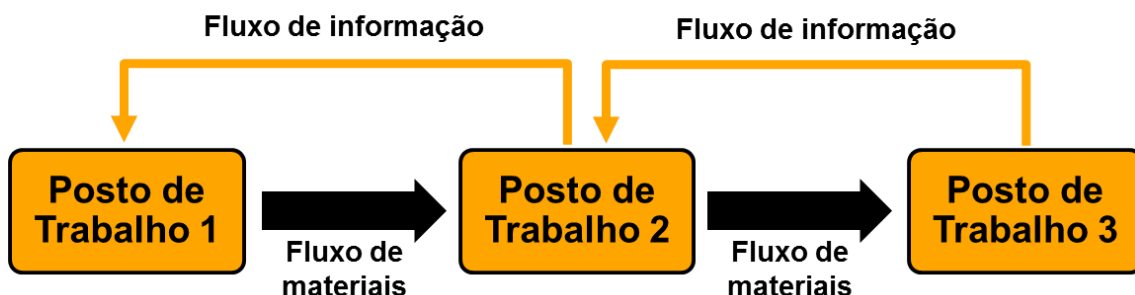


Figura 10 - Funcionamento de um sistema pull (Pinto, 2008)

Quando o planeamento de produção é realizado através de previsões da procura e com base nestas são lançadas ordem de produção no início do processo produtivo, onde os artigos produzidos vão sendo “empurrados” de um posto de trabalho para o seguinte ao longo de toda a sequência produtiva, estamos na presença de um sistema *push* (Figura 11). Este tipo de sistema caracteriza-se pelos elevados *stock's* intermédios e de produto acabado, proporcionando assim elevados *lead times* (Bonney et al., 1999).



Figura 11 - Funcionamento de um sistema push (Pinto, 2008)

### 2.4.6 Normalização do Trabalho

A normalização é uma atividade destinada a estabelecer disposições para uma utilização comum ou repetida, tendo em vista um nível ótimo de ordem num determinado contexto, consistindo numa formulação e implementação de normas (Almacinha, 2013).

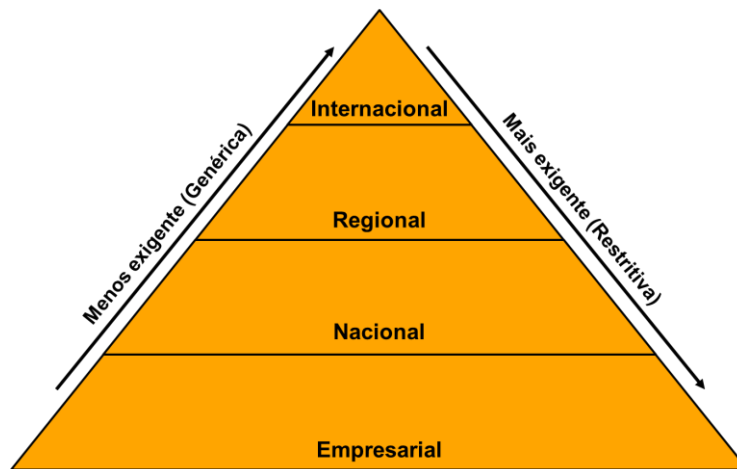


Figura 12 - Diferentes níveis de normalização (Almacinha, 2013)

A nível empresarial podemos chamar de normalização o trabalho, significando que todos os operadores devem seguir a mesma sequência de operações, e utilizar os mesmos recursos para realizar cada uma das suas tarefas, assegurando que o método de trabalho se encontra organizado seguindo a forma mais segura e eficaz a realização das mesmas (Pinto, 2008).

A normalização do trabalho, quando aplicada, permite reduzir a variabilidade do processo, uniformizando a forma como o trabalho é realizado (Ortiz, 2006). O tempo necessário e a sequência de operações para concluir uma tarefa devem ser as mesmas,

independentemente do operador que esteja a realizar as tarefas, assim como a qualidade dos produtos produzidos (Abdullah, 2003).

A normalização do trabalho, para ser implementada, é necessário realizar um estudo de forma a obter o método mais adequado para a realização das tarefas necessárias para a produção de um determinado produto (P. Hines et al., 2011).

Torna-se então necessário documentar os modos operatórios, de forma a garantir que todos os operadores têm formação necessária para realizar determinadas tarefas de formas adequadas, utilizando assim um sistema mais seguro e eficaz. Os documentos criados devem conter a sequência de como as tarefas devem ser realizadas, o material necessário para a realização das mesmas e ainda estar definido o tempo padrão para a sua realização. As operações devem ser descritas de forma detalhada e sequencial de todas as tarefas a ser realizadas no posto de trabalho, referindo os recursos a ser utilizados para cada atividade.

### **2.5 Estudo do Trabalho**

A realização do estudo do trabalho pode ser dividida em duas etapas, o estudo dos métodos e a medida do trabalho (Costa, Zeilmann, & Schio, 2004).

O estudo dos métodos encontra-se relacionada com a definição do método de trabalho mais indicado para um determinado posto de trabalho, sendo por isso necessário simplificar e aperfeiçoar o mesmo, de forma a identificar o método de trabalho mais económico e seguro adequado para quem realiza as atividades.

A segunda etapa, medida de trabalho, tem como objetivo a determinação do tempo necessário ser despendido durante a realização de determinada atividade, ou conjunto de atividades.

O desenvolvimento do estudo do trabalho torna essencial conhecimento sobre as teorias de administração desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Fayol.

A administração científica desenvolvida por Taylor, tem como base a procura e eliminação dos desperdícios da empresa, a ociosidade operária e a redução dos custos de produção de forma a garantir uma melhor relação custo benefício às empresas. Taylor procura que o operário produza mais em menos tempo, sem que isto leve os custos de produção. A abordagem de Frederick Taylor, eleva a que a organização das empresas deva ser tratada de forma científica ao invés de uma forma empírica (Chiavenato, 2003).

Para Taylor, os principais elementos da administração científica são:

---

1. Estudo dos tempos de produção;
2. Supervisão funcional;
3. Padronização dos recursos;
4. Planeamento de tarefas;
5. Princípio da exceção;
6. Associação de incentivos financeiros a tarefas realizadas de forma eficiente;
7. Sistemas de classificação dos produtos e materiais utilizados;
8. Delineamento das rotinas de trabalho.

A administração clássica administrativa de Henry Fayol, destaca que as empresas como organizações, onde o líder é aquele que atua de forma firme, controlada, definindo e mantendo a ordem da sua organização. Fayol referia que a administração diferente das outras funções, criando assim princípios a ser aplicados a gestão da empresa (Chiavenato, 2003):

1. Unidade;
2. Disciplina;
3. Autoridade e responsabilidade;
4. Divisão do trabalho
5. Subordinação dos interesses individuais aos da organização;
6. Remuneração justa e garantida;
7. Centralização da autoridade no nível superior;
8. Ordem;
9. Cadeia;
10. Equidade;
11. Estabilidade do pessoal;
12. Iniciativa;
13. Espírito de equipa.

Em suma ambas as teorias conferem benefícios as organizações de forma a melhorar os seus processos, mas sendo diferentes em si. Taylor refere que os operadores são parte dos equipamentos da fabrica, tratando estes da mesma forma que uma máquina, o que lhe garantiria uma maior produção.



A teoria de Taylor tem como base o *ShopFloor* (chão de fábrica), onde este dá ênfase à adoção de métodos racionais e padronizados e à máxima divisão do trabalho, tendo como maior foco a produção (Taylor, 1911).

A teoria de Fayol tem como base a administração da empresa, onde este dá ênfase à estrutura formal da empresa, com a adoção dos princípios pelos altos escalões, tendo como maior foco a administração.

### 2.5.1 Estudo dos métodos

O estudo dos métodos tem como objetivo principal a melhoria dos processos, a melhoria dos métodos utilizados nas tarefas inerentes ao posto de trabalho, minimizar o esforço realizado durante a execução de uma atividade e consequentemente a fadiga gerada pela atividade, otimizar a utilização dos recursos necessários e fornecer condições de trabalho adequadas ao posto de trabalho (Meyers & Stewart, 2002).

Para a correta realização do estudo dos métodos, é necessário conhecer todo o processo produtivo e desta forma, identificar todas as variáveis que influenciam o mesmo. (Costa et al., 2004)

### 2.5.2 Medida do Trabalho

A medida do trabalho é uma técnica onde se pretende definir o tempo padrão para um operador realizar uma determinada tarefa. A determinação dos tempos padrão apresenta uma elevada utilidade na determinação das necessidades de mão-de-obra e equipamentos, a necessidade de recursos, estimativas dos custos de produção, determinação de sistemas de incentivos salariais aos operadores (Meyers & Stewart, 2002).

De forma a obter os tempos padrões é utilizado o estudo dos tempos, sendo esta uma técnica de medida de trabalho mais utilizada, que consiste numa observação direta e intensiva das tarefas manuais ou semiautomáticas com ciclos repetitivos, tendo como objetivo registar todos os dados referentes ao processo em análise (Costa et al., 2004). O estudo dos tempos tem como objetivo registar todos os dados referentes ao processo analisado, como os tempos das tarefas realizadas no decorrer de uma atividade.

No decorrer do estudo dos tempos, é necessário reconhecer que as pessoas apresentam diferentes rendimentos para a realização das tarefas, ou seja a cadência de certas pessoas pode ser maior na realização de certas operações, tornando-se então

necessário classificar esse rendimento em cada tarefa da atividade, de forma a converter os tempos observados a tempos normalizados, de forma a ser possível realizar uma comparação entre as diferentes pessoas que realizam as mesmas tarefas.

De forma a classificar o desempenho das pessoas no decorrer das tarefas é geralmente utilizada uma escala de 0-100, de forma a avaliar o rendimento. A escala 0-100, torna-se assim a mais utilizada para avaliação do rendimento devido a facilidade de compreensão e interpretação, onde o valor 0 representa uma atividade nula e o valor 100 corresponde ao ritmo de trabalho normal de uma pessoa qualificada (Brito, 2011). Caso, a pessoa que realiza o estudo dos tempos considere o rendimento do trabalho, da pessoa em observação, superior a normal, é então necessário classificar este rendimento com um valor superior a 100 (Costa et al., 2004).

*Tabela 2 – Exemplo de atividades de trabalho qualificados de acordo com a escala 0-100 (Exertus, 2003)*

<b>Escala</b>	<b>Descrição da atividade</b>	<b>Velocidade de marcha compatível (km/h)</b>
<b>0</b>	Atividade nula	0
<b>50</b>	Atividade muito lenta: movimentos inábeis e hesitantes; o executante parece estar meio a dormir e não se interessa pela sua tarefa	3,2
<b>75</b>	Atividade compassada, sem pressa, como a de um trabalhador não remunerado à peça, sob vigilância apropriada; parece lenta, mas sem qualquer desperdício deliberado de tempo durante a observação.	4,8
<b>100 (Referencia)</b>	Gestos vivos e precisos de um trabalhador medianamente qualificado, remunerado à peça; os requisitos de qualidade e de precisão são atingidos sem hesitações.	6,4
<b>125</b>	Muito rápida: o executante demonstra uma segurança, destreza e coordenação de movimentos muito superiores à de um trabalhador mediano experiente.	8
<b>150</b>	Excepcionalmente rápida: a atividade exige um esforço e concentração intensos e não poderá, provavelmente, ser mantida durante muito tempo; requer num nível de “perito”, que só alguns trabalhadores excepcionais podem atingir.	9,6

Após a determinação dos tempos observados, é necessário converter esses mesmos tempos para o mesmo valor de rendimento, de forma a estes poderem ser equiparáveis, de forma a ser possível calcular o tempo padrão.

Para a correta determinação dos tempos padrão, são adicionadas determinadas correções, como a correção de fadiga, a correção de repouso, correção para ocorrências irregulares (ou perturbações), e correções salariais (Arezes & Costa, 2003).

No decorrer do estudo do trabalho é necessário estudar a adequabilidade de determinados métodos de forma a reduzir a energia despendida no decorrer das tarefas por parte dos operadores, adotando um método mais prático e eficaz. Por essa razão é necessário obter um tempo para permitir ao operador repousar para recuperar o esforço despendido em certas tarefas. Para a avaliação da energia despendida aplica-se ao tempo padrão a correção de fadiga, onde é estudado o esforço físico resultante da natureza do trabalho (A), a tensão mental (B) e o esforço físico ou tensão mental resultante da natureza das condições de trabalho (C) (Arezes & Costa, 2003).

A correção de repouso, trata-se de uma correção que acrescenta ao tempo normalizado, o tempo de forma a dar aos operadores tempo para se recompor de efeitos fisiológicos e psicológicos da realização das atividades, e a fim de ter em conta as necessidades pessoais. Esta correção pode ser do tipo fixa e variável, sendo que muitas empresas definem uma correção de repouso para o sistema produtivo global (Arezes & Costa, 2003).

A correção relativa a ocorrências irregulares, trata-se de um tempo concedido para compensar instantes de paragem de origem da operação. De forma a obter uma correção das ocorrências irregulares do processo, torna-se necessário a realização de uma análise das perturbações adjacentes ao processo, de forma a identificar todas as ocorrências irregulares e distribuí-las proporcionalmente por cada ciclo do trabalho (Arezes & Costa, 2003).

As correções salariais, são correções atribuídas pela empresa, onde os operadores são premiados caso a atividade seja realizada abaixo do tempo padrão estipulado. Esta correção é definida pelas empresas como forma de incentivo aos operadores.

### **2.6 Balanceamento de postos de trabalho**

Como a cada passo, o mercado está em mudança, uma empresa é influenciada pelo mesmo e para isso são indispensáveis diferenciais competitivos. Através da melhoria

---

continua (*Kaizen*), dos processos produtivos encontra-se a melhor forma de atingir esses diferenciais. O balanceamento de uma linha de produção é uma das técnicas utilizadas para melhorar e simplificar a gestão do processo (Dembogurski, Oliveira, & Neumann, 2008).

O balanceamento num sistema produtivo, tem como principal objetivo garantir a distribuição equilibrada de carga pelas unidades de produção do sistema. É realizado um balanceamento de forma a possibilitar um fluxo equilibrado de materiais, onde os objetivos do balanceamento são a redução dos tempos mortos, a minimização dos postos de trabalho e a distribuição das perdas de balanceamento pelo posto de trabalho (Morais, 2012).

Taiichi Ohno (1988) refere que, num sistema de operadores polivalentes, um operador deve controlar várias máquinas em diferentes processos. O balanceamento dos postos de trabalho levou ao desenvolvimento de modelos matemáticos e heurísticos, de forma a realizar um agrupamento simultâneo de máquinas e operadores.

### 3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

#### 3.1 Continental AG

Em Hannover, Alemanha, durante o ano de 1871, é fundada a Continental AG, produzindo artefactos de borracha e pneus maciços para carruagens e bicicletas. O desenvolvimento e a produção de pneus com desenho de piso aconteceu em 1904, sendo a Continental pioneira na produção dos mesmos.



Figura 13 - Logotipo Continental AG

Desde então, a Continental tem-se especializado na evolução contínua na indústria automóvel. Isto só foi possível através do estudo e aplicação de técnicas tendo em vista a melhoria dos pneumáticos produzidos.

A Continental AG conta neste momento com 177.762 colaboradores, divididos por 49 países, com cerca 300 localizações diferentes (Figura 14).

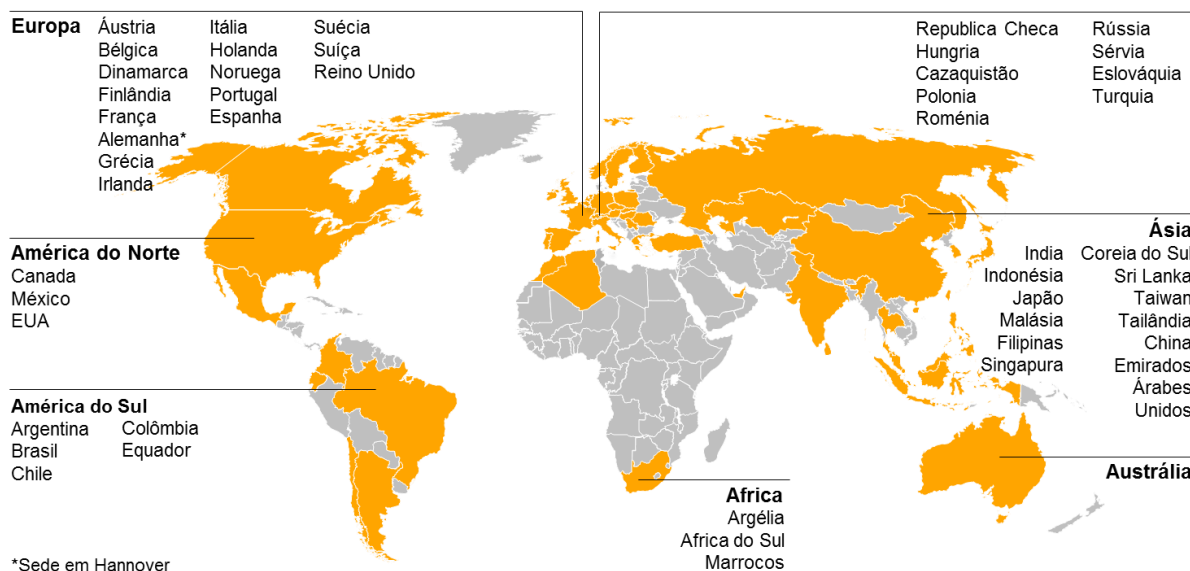


Figura 14 - Localização das fábricas do grupo Continental AG (Continental, 2015)

Não se focando só na produção de pneumáticos, a Continental AG divide-se em dois grandes grupos: o Grupo Automotivo e o Grupo da Borracha. Estes grupos, por sua vez, possuem 3 divisões (Figura 15).

Continental Corporation					
Automotive Group			Rubber Group		
Chassis & Safety	Powertrain	Interior	Passenger and Light Truck Tires	Commercial Vehicle Tire	ContiTech
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de travagem eletrónica</li> <li>Sistemas de travagem hidráulica</li> <li>Sensores</li> <li>Segurança passiva &amp; ADAS (Sistema de assistência avançada ao condutor)</li> <li>Componentes de chassis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas gasolina</li> <li>Sistemas diesel</li> <li>Transmissão</li> <li>Eletrónica</li> <li>Sensores</li> <li>“Motor Drives” e fornecimento de combustível</li> <li>Drives de híbridos e elétricos</li> <li>“Turbochargers”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habitáculo &amp; segurança</li> <li>Comunicação</li> <li>Veículos comerciais &amp; pós-venda</li> <li>Instrumentação &amp; displays</li> <li>Módulos interiores</li> <li>Multimédia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamento de origem</li> <li>Mercado de substituição Europa</li> <li>Mercado de substituição Américas</li> <li>Mercado de substituição Ásia</li> <li>Pneus para veículos de duas rodas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pneus pesados Europa</li> <li>Pneus pesados Américas</li> <li>Pneus pesados Ásia</li> <li>Pneus industriais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de ventilação</li> <li>Benecke-Kaliko Group</li> <li>Sistemas de correias</li> <li>Elastómeros</li> <li>Revestimento</li> </ul>

Figura 15 - Áreas de Negócio da Continental AG (Continental, 2015)

Em 2007, a Continental AG adquire o grupo *Siemens VDO Automotive AG* posicionando-se entre os cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel, sendo que a indústria de pneus destaca-se pelos 28% dos totais de vendas da (Figura 16), tendo a Continental um valor de vendas que ascende aos 33 mil milhões de euros.

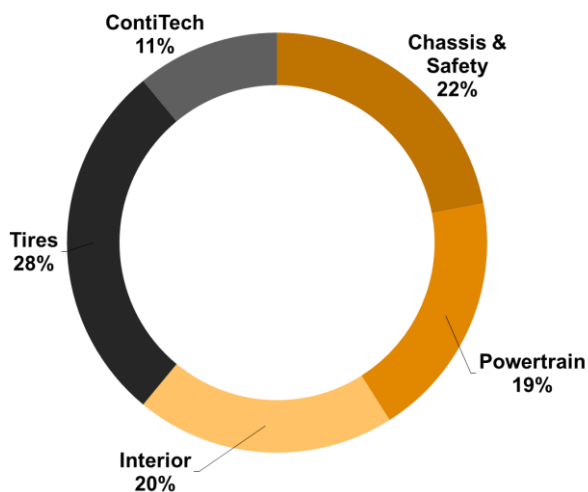


Figura 16 - Vendas por divisões (Continental, 2015)

O grupo Continental transformou-se assim num dos principais fornecedores mundiais desta indústria, com conhecimentos profundos na tecnologia de sistemas de travagem, controlo dinâmico de veículos e sistemas eletrónicos.

Nos últimos anos o grupo Continental tem-se focado, sobretudo, em inovações para o aumento da segurança, o desenvolvimento de componentes não prejudiciais ao meio ambiente e a maximização do conforto e desempenho dos veículos na estrada.

Na indústria dos pneus, o grupo Continental encontra-se presente em 15 países (Figura 17), contando com 20 fábricas.

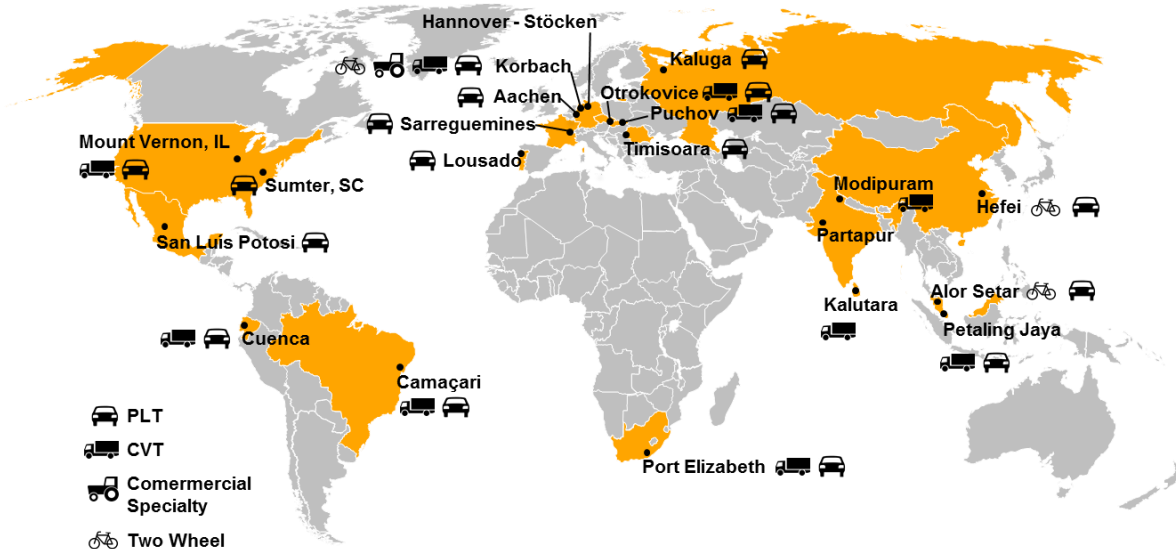


Figura 17 - Localização das fábricas de pneus da Continental AG (Continental, 2015)

Em Portugal, o grupo Continental encontra-se presente por cinco empresas (Figura 18).

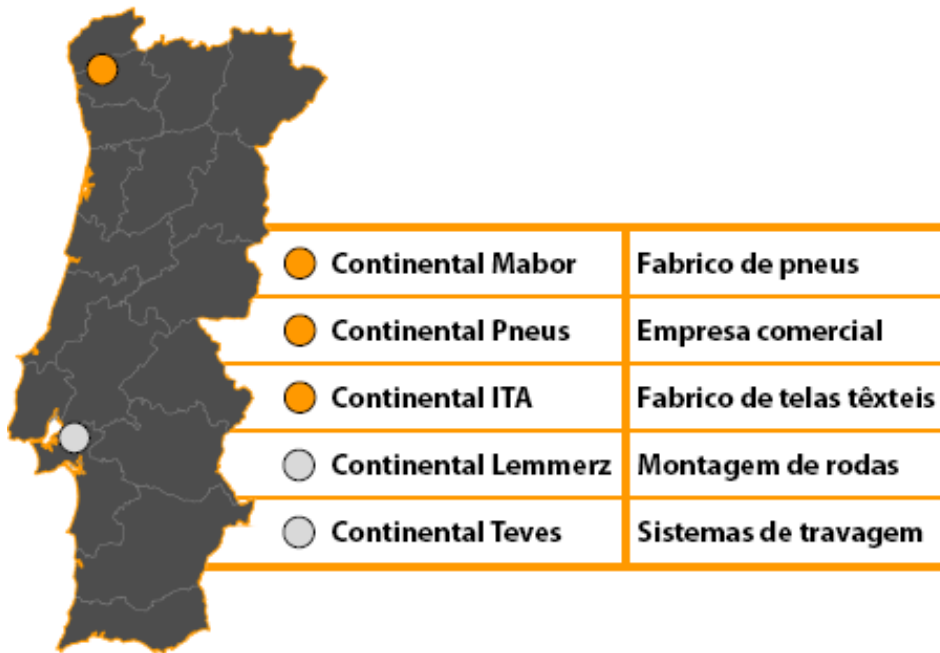


Figura 18 - Grupo Continental AG em Portugal (Continental, 2015)

### 3.2 Continental Mabor, SA

A Mabor (Manufatura Nacional de Borracha) (Figura 19), nasce em 1940 em Lousado, Vila Nova de Famalicão, sendo a primeira fábrica de pneus em terreno nacional, tendo iniciado a produção de pneus para pesados, “chaimites”, ligeiros, motos, camaras de ar e pisos para recauchutagem, sob a marca “Mabor General” (Marcelino, 2005).



*Figura 19 - Mabor S.A. 1946 (Marcelino, 2005)*

Em 1989, já se produziam pneus há 41 anos, quando a AutoEuropa surge em Portugal, e o estado obriga a incorporação de componentes produzidos em Portugal, o grupo Continental identifica uma oportunidade de negócio, e faz a fusão com a fábrica nacional, passando esta a chamar-se Continental Mabor – Industria de Pneus em 1990, resultado da fusão entre a empresa de renome nacional com a multinacional Alemã (Marcelino, 2005).



*Figura 20 - Logotipo Mabor S.A. (Marcelino, 2005)*

Em julho de 1990, iniciou-se o grande programa de reestruturação que transformou as antigas instalações da Mabor na mais moderna das, então, 21 unidades da Continental. Partindo de uma produção de 5.000 pneus por dia, em 1990, a quantidade



viria a quadruplicar em 6 anos, atingindo uma produção de 21.000 pneus por dia. Atualmente a CMIP tem capacidade de produção de 55.000 pneus por dia, apresentando-se assim como umas das fabricas com melhor índice de produtividade do grupo.

Atualmente a Continental Mabor dispõe de uma superfície total de 204 140 m<sup>2</sup> e uma superfície coberta total de 86 499,2 m<sup>2</sup>, contando com cerca de mil e quinhentos colaboradores.



Figura 21 - Continental Mabor S.A 2015 (Continental, 2015)

Produzindo, inicialmente apenas pneus da marca Mabor, a gama de pneus produzidos atualmente é muito variada quer em medidas, quer em tipos, quer em marcas. A Continental Mabor inclui no seu portfólio, pneus destinados a SUV's (*Sport Utility Vehicles*) e a veículos de tração total.

Mais de 98% da produção da CMIP destina-se à exportação. O designado “mercado de substituição” absorve mais de metade da produção anual da Continental Mabor. A parte restante é distribuída pelas linhas de montagem, dos mais conceituados construtores da indústria automóvel no mercado.

### 3.2.1 Estrutura Organizacional da Continental Mabor S.A.

A Continental Mabor detém uma estrutura com um número reduzido de interfaces, de modo a que a comunicação entre as mesmas seja rápida, eficiente e dirigida. Na Figura 22, pode verificar-se a estrutura das direções presentes na Continental Mabor.

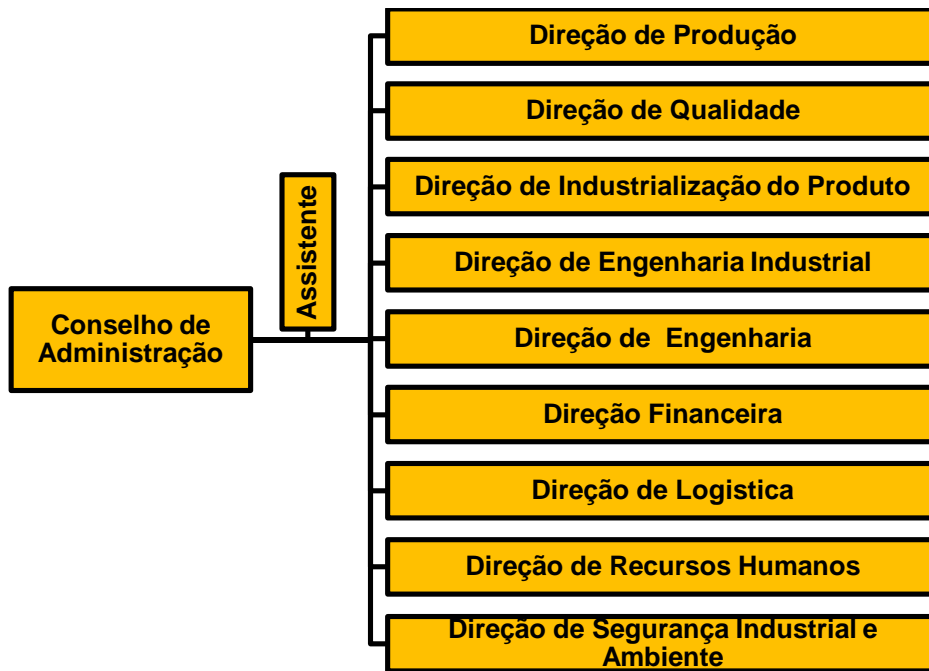


Figura 22 - Organograma da Continental Mabor S.A (Continental, 2015)

O presente trabalho foi desenvolvido na Direção de Engenharia Industrial. A Direção de Engenharia Industrial tem como principais responsabilidades a definição e supervisão dos tempos padrão, a definição de métodos de trabalho, o cálculo do *manning level*<sup>2</sup> e equipamentos necessários para a produção, o cálculo de prémios de produtividade, cálculo das capacidades do processo, na gestão e coordenação de *layout*'s, a realização de estudos aos processos produtivos evidenciando oportunidades de melhoria, gestão e coordenação do sistema de sugestões e gestão e coordenação da limpeza fabril e de equipamentos.

Em suma o objetivo principal da Direção de Engenharia Industrial é melhorar a eficiência do sistema produtivo, reduzir os custos e providenciar os colaboradores com informações uteis e válidas.

### 3.2.2 Política da Empresa

No Anexo II – Política da Empresa é apresentada a política da empresa que assenta na visão de “Ser Líder” (Figura 23) e na prática diária dos valores do Grupo Continental – Confiança, Paixão por Vencer, Liberdade para Agir e Uns pelos Outros.

---

<sup>2</sup> *Manning level* – Definição do número de recursos necessários para o balanceamento dos postos de trabalho

---

A nossa **VISÃO** é:

**Ser LIDER**

**L**ousado eficiente,  
**I**nova e antecipa as necessidades dos clientes,  
**D**esenvolve produtos de alta tecnologia,  
**E**xcelente no conhecimento e nos processos,  
**R**entável de forma sustentada.

*Figura 23 - Visão da Continental Mabor S.A. (Continental, 2015)*

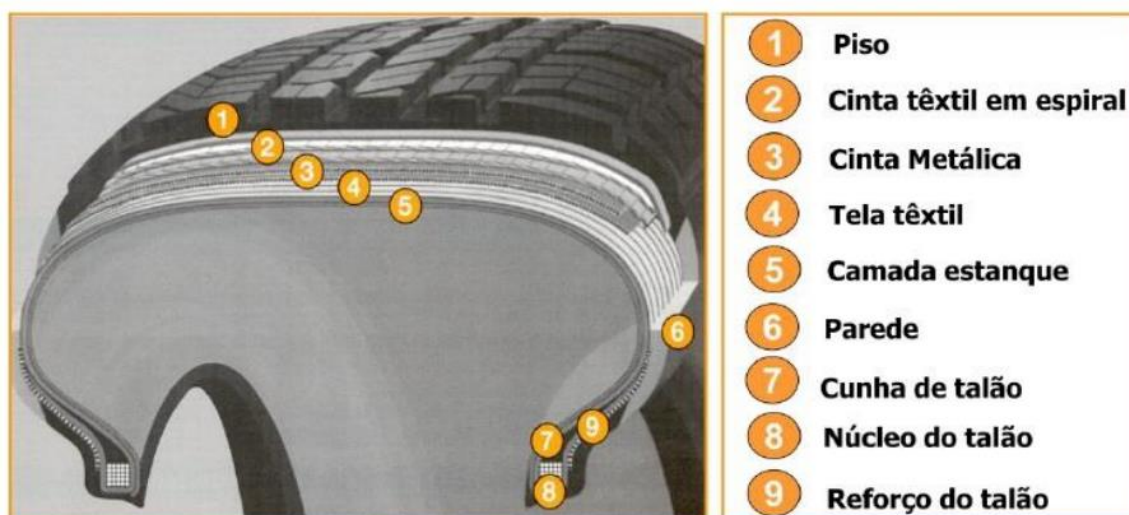
A Visão da Empresa deve servir de inspiração para os colaboradores da organização tirarem o máximo partido das suas capacidades e alcançarem níveis mais elevados de excelência profissional.

A Missão consiste numa declaração escrita que traduz os ideais e orientações globais da empresa e que visa transmitir o espírito da empresa por todos os seus colaboradores e reunir esforços para a obtenção dos objetivos gerais.

### 3.2.3 Produtos

Na CMIP são produzidos pneus que vão desde jante 14 até jante 21. Não produzindo somente pneus da marca Continental, produz pneus de outras marcas como a Uniroyal, Semperit, Mabor, Barum, Viking, entre outras.

Os componentes presentes no pneu (Figura 24) podem variar consoante as características pretendidas para o mesmo, ou pelas características exigidas pelos clientes.



*Figura 24 - Componentes de um pneu (Continental, 2015)*

Na Figura 25, é possível verificar todos os componentes presentes num pneu, o material presente nesse componente e suas respectivas funções no produto acabado.

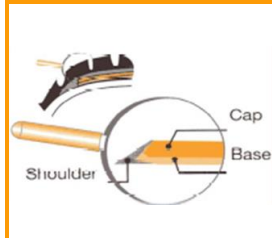
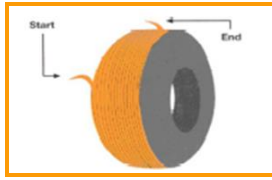
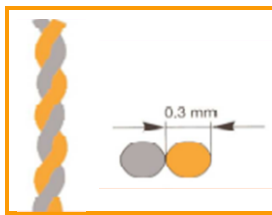
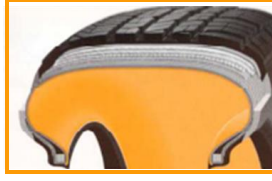



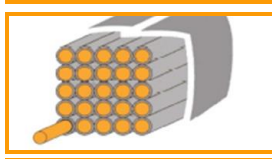

1	Piso		<p><b>Material:</b> Borracha natural e sintética</p> <p><b>Funções:</b> <b>Capa</b> – fornece aderência, resistência ao desgaste e estabilidade direcional <b>Base</b> – reduz a resistência ao rolamento e protege a carcaça <b>Extremo</b> – garante a transição do piso para a parede</p>
2	Cinta têxtil em espiral		<p><b>Material:</b> Nylon coberto por camada de borracha</p> <p><b>Funções:</b> Promove a adaptabilidade para altas velocidades e precisão de fabrico.</p>
3	Cinta Metálica		<p><b>Material:</b> Cordas de aço.</p> <p><b>Funções:</b> Retêm a forma e estabilidade direcional. Reduz a resistência ao rolamento. Aumenta a longevidade do pneu.</p>
4	Tela têxtil		<p><b>Material:</b> Poliéster ou rayon coberto de borracha.</p> <p><b>Funções:</b> Fornece consistência ao pneu e mantêm-no sob elevadas pressões internas</p>
5	Camada Estanque		<p><b>Material:</b> Borracha butil</p> <p><b>Funções:</b> Retêm o ar dentro do pneu. Funciona como câmara-de-ar nos pneus modernos</p>
6	Parede		<p><b>Material:</b> À base de borracha natural.</p> <p><b>Funções:</b> Protege a carcaça contra choques laterais e contra a degradação atmosférica</p>
7	Cunha de talão		<p><b>Material:</b> À base de borracha sintética.</p> <p><b>Funções:</b> Fornece estabilidade direcional, precisão na condução e melhora o conforto</p>
8	Núcleo do talão		<p><b>Material:</b> Fio de aço cobreado coberto com borracha.</p> <p><b>Funções:</b> Assegura que o talão assente com firmeza na jante.</p>
9	Reforço do talão		<p><b>Material:</b> Nylon coberto por camada de borracha.</p> <p><b>Funções:</b> Fornece estabilidade direcional, precisão na condução e melhora o conforto.</p>

Figura 25 - Componentes de um pneu e sua função

### 3.3 Descrição do Sistema Produtivo

O sistema de produção de um pneu na CMIP, é constituída por três fases:

- A receção das matérias-primas necessárias para o fabrico do produto;
- O processo produtivo para a construção do produto;
- E o armazenamento e expedição do produto acabado.

O processo produtivo da Continental Mabor S.A. está dividido em cinco fases essenciais, asseguradas por cinco departamentos (Figura 26), que constituem as etapas para a construção do pneu.

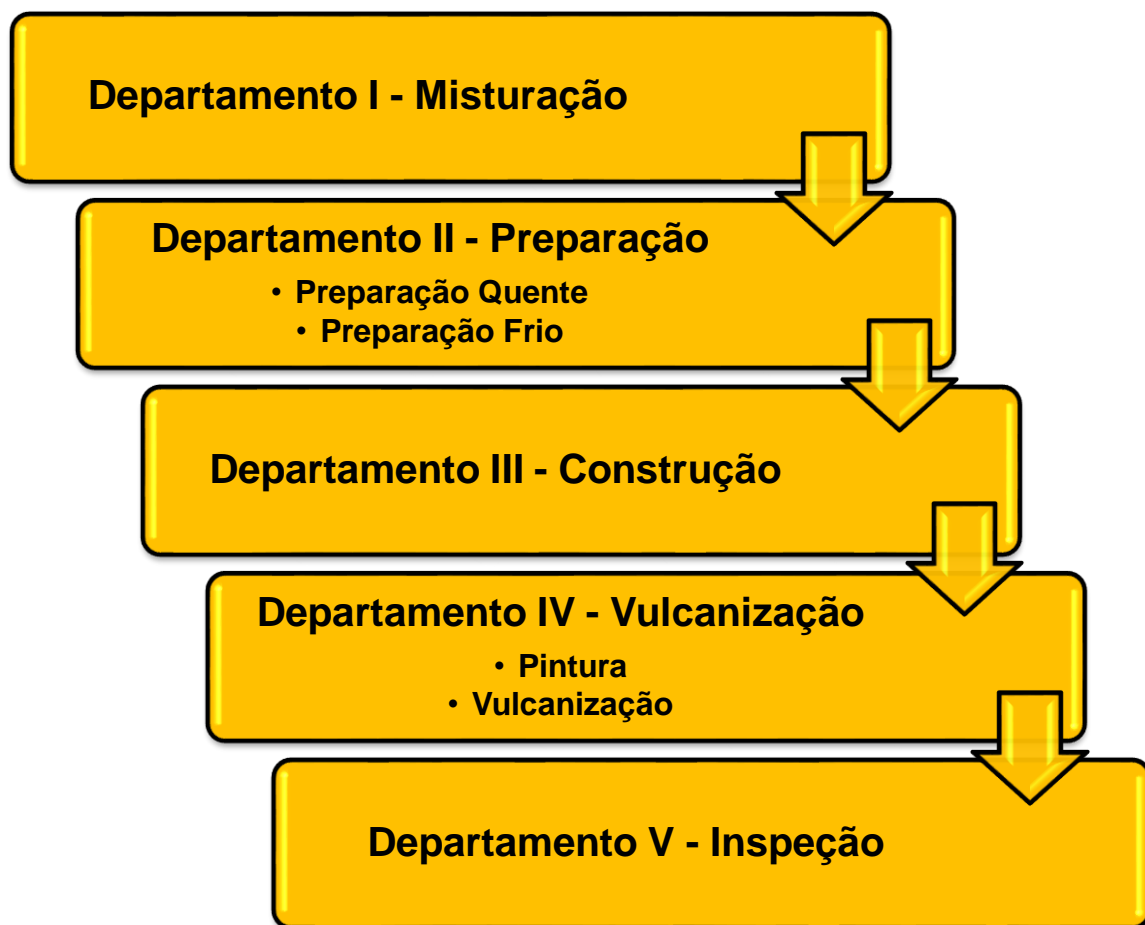


Figura 26 - Departamentos do processo produtivo da Continental Mabor S.A.

Na Figura 27, é mostrado de forma sucinta todo o processo produtivo da CMIP.

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

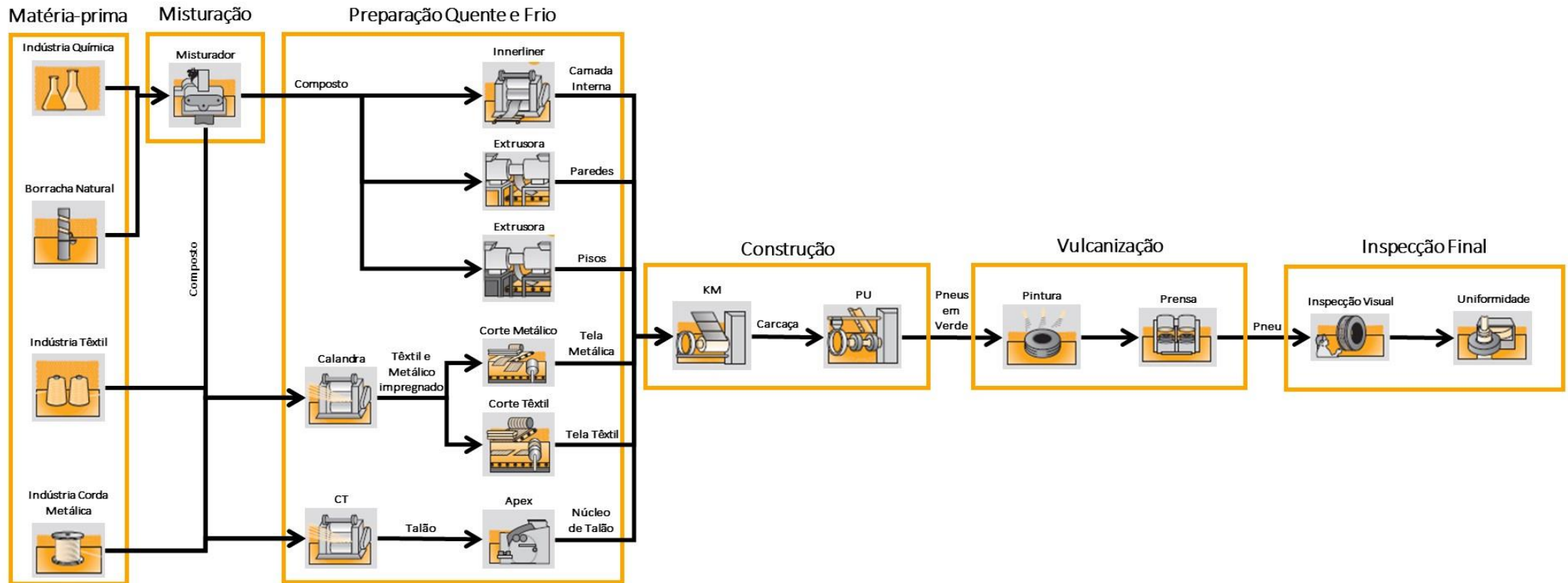


Figura 27 - Processo produtivo da Continental Mabor S.A.

### 3.3.1 Receção das Matérias-primas

Rececionadas as matérias-primas e, antes das matérias-primas serem necessárias no processo produtivo, são submetidas a processos de controlo da qualidade para garantir que se encontram de acordo com os requisitos e as especificações definidos pela qualidade. Posteriormente as matérias-primas são armazenadas no armazém de matérias-primas, onde constam o tecido têxtil, negro de fumo, borracha (natural e sintética), pigmentos e corda metálica.



*Figura 28 - Armazém de Matérias-Primas*

### 3.3.2 Departamento I – Misturação

O Departamento I - Misturação, responsável pela primeira fase do processo produtivo, consiste na misturação de todos os componentes (borracha natural e sintética, pigmentos, sílica, negro de fumo) incorporados na borracha. Estes componentes são colocados nos misturadores onde são transformados na borracha e colocados em mesas para posterior utilização no Departamento II.



*Figura 29 - Departamento I – Misturação*

### 3.3.3 Departamento II – Preparação

O Departamento II – Preparação, é responsável pela produção de todos os componentes necessários para a construção de um pneu. Este departamento é cliente do Departamento I – Misturação, sendo também fornecedor do Departamento III – Construção. O Departamento II – Preparação divide-se em dois subdepartamentos: Preparação Frio, onde existe a preparação e corte de material, e Preparação Quente que tem como objetivo produzir todos os componentes necessários para a “montagem” de um pneu.

#### **Preparação Quente**

Na Preparação Quente são produzidos os seguintes componentes:

- Piso
- Parede
- Talão
- Talão com cunha

#### **Preparação Frio**

Na Preparação Quente são produzidos os seguintes componentes:

- Camada Estanque
- Tela têxtil
- Tela metálica
- Cinta têxtil em espiral
- Cinta metálica



*Figura 30 - Departamento II – Preparação (Preparação Frio e Quente)*



### 3.3.4 Departamento III – Construção

O Departamento III é responsável pela montagem dos componentes provenientes do Departamento II. Este departamento dispõe de 45 módulos, onde cada módulo (Figura 31) é constituído por duas máquinas – KM (*Karcass Machine*) e PU (*Pressure Unity*). Na KM é construída a carcaça do pneu e na PU une-se a carcaça as cintas metálicas, têxteis e o piso. Deste processo resulta o pneu em verde que segue para o Departamento IV.

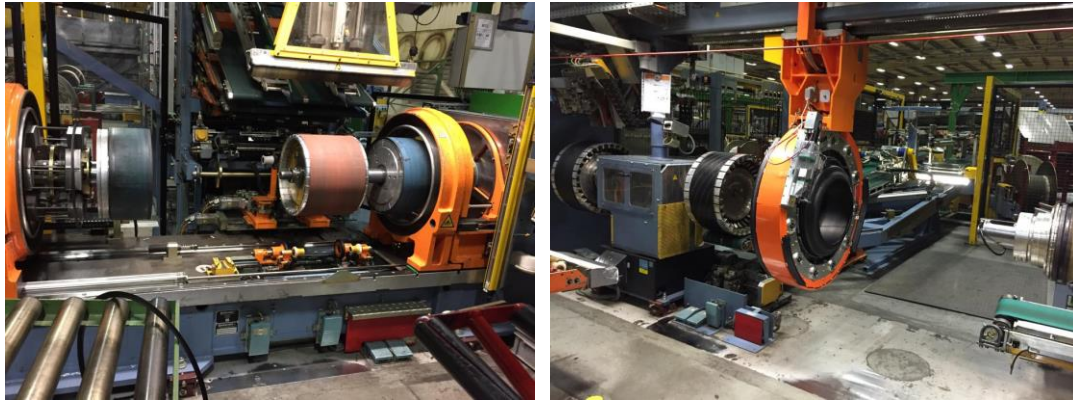


Figura 31 - Módulos da construção (KM e PU respetivamente)

### 3.3.5 Departamento IV – Vulcanização

O Departamento IV – Vulcanização, é constituído pelo processo de pintura e pela vulcanização dos pneus. Na pintura os pneus são transportados desde as máquinas de construção até às cabines de pintura, onde é aplicada uma solução aos pneus para que estes não fiquem presos nos moldes das pressas. Depois de “pintados” os pneus seguem para a vulcanização, onde o pneu é colocado numa prensa onde, sujeito a altas temperaturas e pressões, irá ganhar a sua forma final. Depois de vulcanizados os pneus seguem para o Departamento V – Inspeção.



Figura 32 - Departamento IV – Vulcanização

### 3.3.6 Departamento V – Inspeção

O Departamento V - Inspeção, é responsável pela aprovação dos pneus para serem comercializados. Trata-se da última fase do processo produtivo onde, no pneu, são realizadas verificações visuais para imperfeições, inspeções automáticas, e ensaios necessários para aprovação do pneu. Depois de aprovado que o pneu cumpre com todos os requisitos de qualidade, estes são encaminhados para o armazém e seguidamente paletizados.



*Figura 33 - Departamento V – Inspeção Final*

### 3.3.7 Expedição de Produto Final

Depois de concluído todo o processo produtivo do pneu, estes são paletizados segundo as suas características e encaminhados para o armazém de produto acabado, onde irão permanecer até que seja necessário o seu envio para os clientes finais.



*Figura 34 - Armazém de produto final*

### 3.4 Clientes

Na CMIP, são produzidos pneus para dois segmentos do mercado: Mercado de Origem e Mercado de Substituição. Os pneus direcionados para o segmento de origem abastecem as principais empresas de construção veículos motorizados, como se pode verificar na Figura 35. Os pneus para o segmento de substituição são expedidos para revendedores de pneus.



Figura 35 - Principais Clientes da Continental AG



#### 4. ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO

Neste capítulo, procede-se a descrição do processo de construção de núcleos de talão e aplicação cunha núcleo (Figura 36), resultando no produto final – Talão com cunha na empresa CIMP.

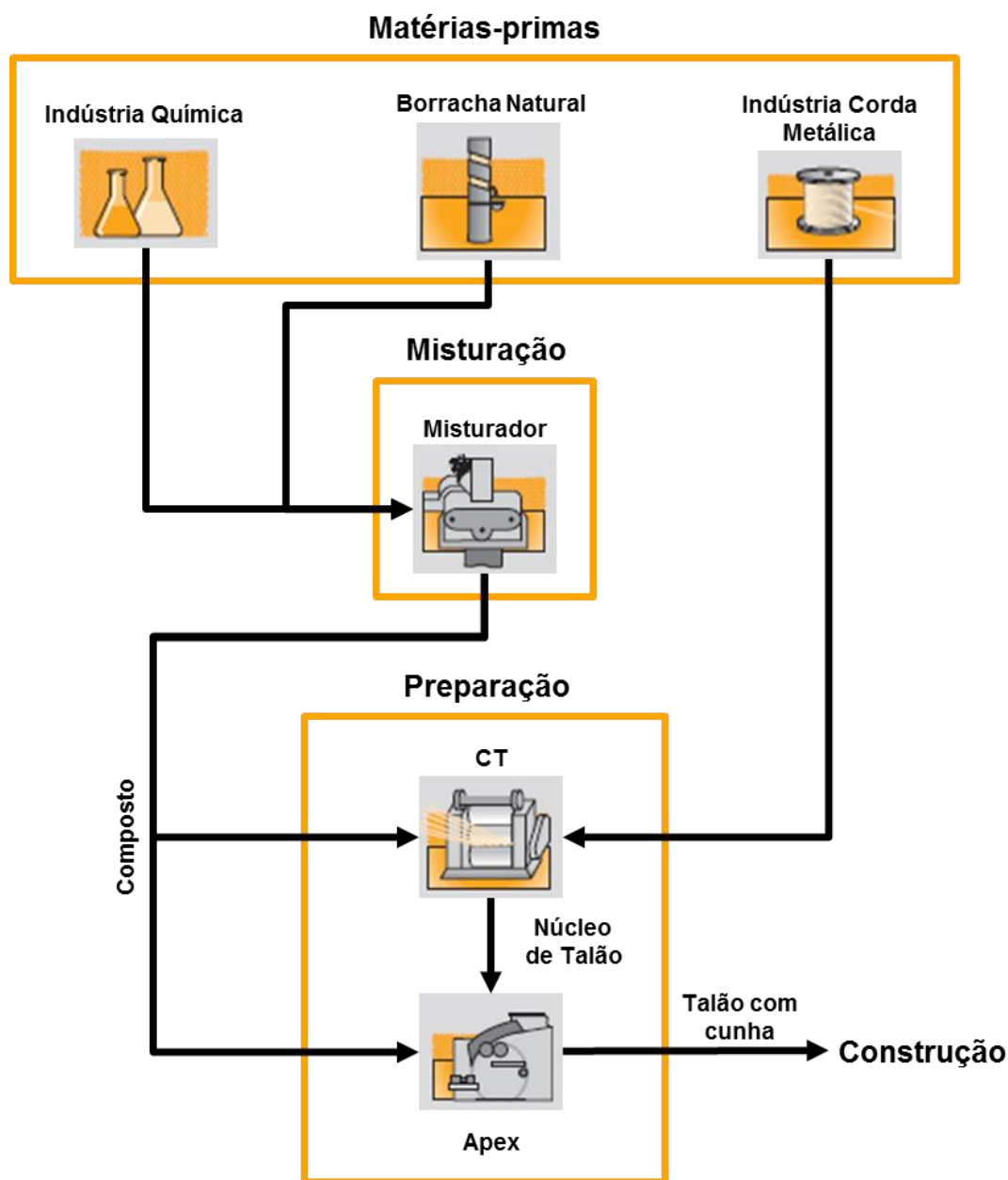


Figura 36 - Processo de Construção do Talão com Cunha

Este capítulo também engloba um estudo dos tempos de ciclo, tempos de *setup* e análise das perturbações das máquinas presentes nestes processos. É também realizada uma análise de *manning* aos operadores o processo de construção de núcleos de talão e uma outra análise realizada aos operadores assistentes do processo de aplicação cunha núcleo.

#### 4.1 Construção de Núcleos de Talão

Nesta secção é descrito o processo de construção de núcleos de talão e, no sentido de proceder à descrição da secção de construção de núcleos de talão e dos mecanismos a ele associados, foi construído um fluxograma (Figura 37) como o objetivo de dar a entender qual o fluxo dos materiais nesta área do processo.

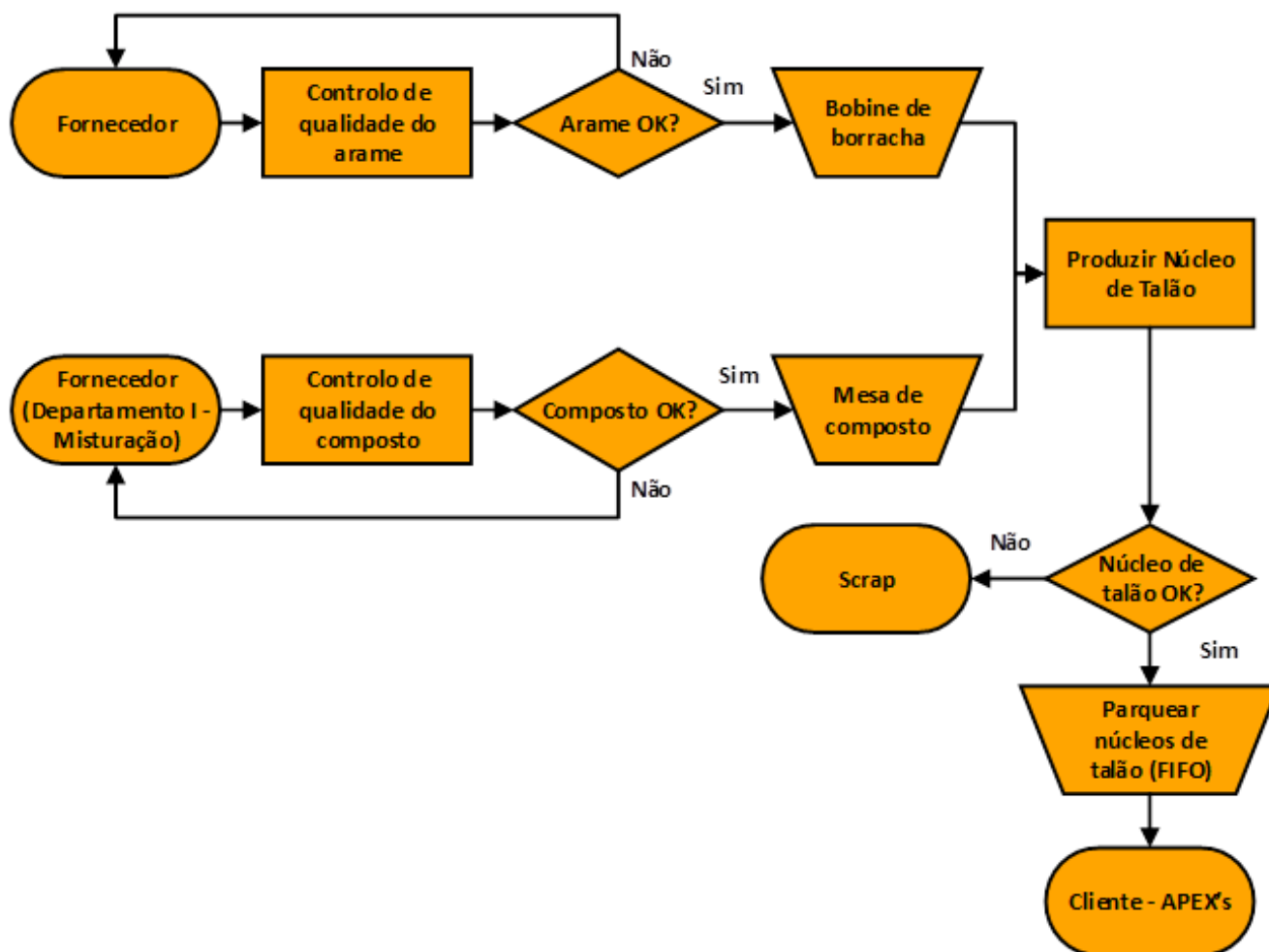


Figura 37 - Fluxo de materiais na secção de construção de núcleos de talão

As máquinas responsáveis pelo processo de construção de núcleos de talão estão localizadas no Departamento II – Preparação a Quente (Anexo I – Layout do sistema produtivo da CMIP). Esta secção é composta por três máquinas, que apresentam funcionamento semelhante, embora numa delas o armazenamento de núcleos de talão ainda seja realizado de forma manual, ao contrario das restantes duas onde o armazenamento já realizado de forma automática.

As matérias-primas utilizadas no processo de construção de núcleos de talão são as mesas de borracha provenientes do Departamento I – Misturação e bobines de arame que provêm de fornecedores externos (Figura 38).



Figura 38 - Mesa de composto e bobine de arame

O processo de construção de núcleos de talão é realizado através das máquinas chamadas de CT (Construção de Talão). O processo de construção de núcleos de talão pode ser subdividido em dois subprocessos, nomeadamente a extrusão e a conformação/corte.

As matérias-primas necessárias para o processo de extrusão são o arame e de um composto, que consiste numa mistura de borracha, pigmentos e outros químicos. O composto é extrudido para uma fieira, pela qual passa o arame, resultando a impregnação do arame com composto. Resultante do processo de extrusão é uma tira com um determinado número de arames impregnada em borracha, ou seja, a tira de talão.

Depois de extrudida a tira de talão esta segue para o processo de conformação/corte através de acumuladores que garantem o abastecimento ao processo de conformação/corte com a cadência necessária.

No processo de conformação/corte, a tira adquire a forma final do núcleo de talão, ou seja, a tira é enrolada na jante até ter o número de voltas definido e é cortada.

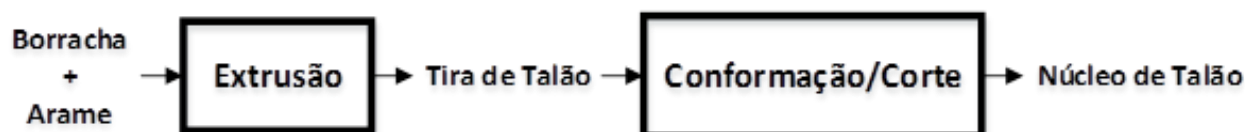


Figura 39 - Processo produtivo de construção de núcleos de talão

Depois de concluído os núcleos de talão, são transferidos para um acumulador, onde em duas das três máquinas segue para o armazenamento automático e em uma delas para o armazenamento manual dos núcleos de talão para os respectivos suportes de armazenamento.

As características do núcleo de talão podem ser definidas pelo tamanho da jante, número de voltas de tira de talão, o número de arames presentes nessa mesma tira e pelo perímetro interno do núcleo de talão. Atualmente na Continental são produzidos núcleos de talão que podem ser de jante 14” até 21”, em que o número de voltas pode variar entre quatro e seis. Os núcleos são identificados pelo código interno da empresa, mas também identificados por um outro código de forma a melhor identificação do produto em questão (Figura 40).

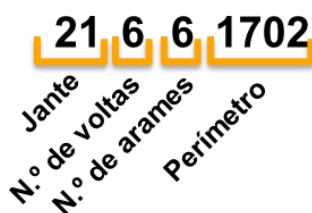


Figura 40 - Código de identificação de núcleos de talão

O código apresentado na figura anterior diz respeito a um núcleo de talão de jante 21” com seis voltas, seis arames (Figura 41) e com um perímetro interno de mil setecentos e dois milímetros.

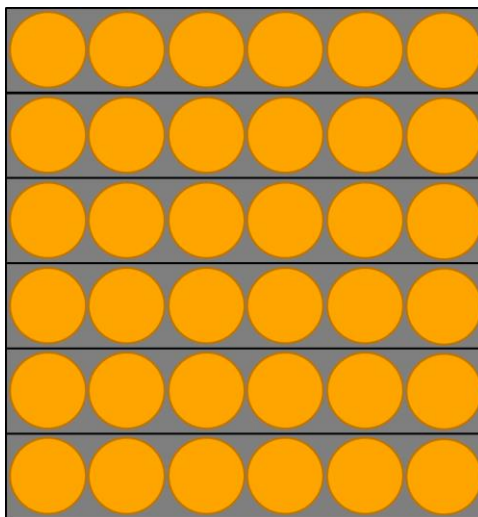


Figura 41 - Perfil do núcleo de talão

Depois de produzidos os núcleos de talão são armazenados no sistema FIFO, onde é necessário que o material esteja em repouso um determinado período de tempo definido, usualmente duas horas. Desta forma existe uma produção para *stock* que é realizada com base nas necessidades do seu cliente (APEX).



### 4.1.1 Setup's

O processo produtivo da construção de núcleos de talão conta com 5 tipos diferentes de *setup* (Tabela 3) que podem ser realizados durante o processo produtivo. Sendo que depois de cada *setup* (com a exceção da mudança de bobine) existe uma troca de artigo em produção por outro artigo diferente.

Tabela 3 – Setup's – CT's

<i>Setup's</i>
Mudança de jante
Mudança do número de arames
Mudança de perímetro
Mudança do número de voltas
Mudança de bobine

#### Mudança de jante

A mudança de jante realiza-se quando é necessário produzir medidas com jante diferente. A mudança de jante tem passos diferentes em todas as máquinas, por estas pertencerem a gerações diferentes, na CT#02 o tipo de jante utilizada é diferente e as primeiras peças produzidas podem não ser conformes exigindo assim uma afinação. Na CT#03 é necessário afinar o robô do sistema de armazenamento. Na CT#01 e CT#03, após a mudança de jantes não é exigido qualquer tipo de afinação, sendo capazes de produzir imediatamente as peças conformes.

Tabela 4 – Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante nas CT#01

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,15
2	Procurar jante para nova corrida	0,10
3	Retirar jante da corrida anterior	2,18
4	Colocar jante para nova corrida	2,82
5	Afinar rolo compressor	0,57
6	Afinar garras do <i>Servomat</i>	0,72
7	Dirigir-se para o computador	0,15
8	Inserir receita para nova corrida	0,43
9	Ligar extrusora	0,10
10	Remover excesso de borracha	0,15

Uma mudança de jante na CT#01, demora 7,37 minutos como se pode observar na Figura 42 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

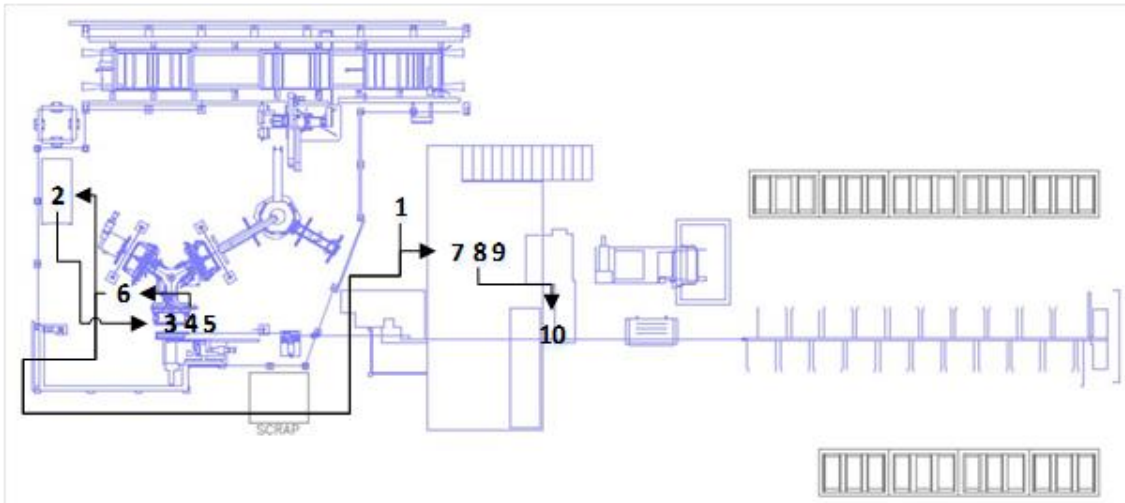


Figura 42 - Mudança de jante CT#01

A CT#02, é a máquina mais antiga das três máquinas, utilizando um tipo de jante diferente onde é exigida uma atenção nas primeiras peças produzidas, verificando as molas de expulsão, verificando se está a expulsar os núcleos de talão sem afetar a qualidade do mesmo, bem como o rolo compressor.

Tabela 5 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante na CT#02

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,12
2	Subir corpo da máquina	1,10
3	Procurar jante para nova corrida	0,17
4	Retirar jante da corrida anterior	0,92
5	Colocar jante para nova corrida	0,91
6	Afinar rolo compressor	0,40
7	Afinar garras	2,85
8	Subir/Desce Magazine	1,12
9	Dirigir-se para o computador	0,12
10	Inserir receita para nova corrida	0,43
11	Ligar extrusora	0,1
12	Remover excesso de borracha	0,15
13	Afinar máquina	3,32

Uma mudança de jante na CT#02, demora 11,71 minutos como se pode observar na Figura 43 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

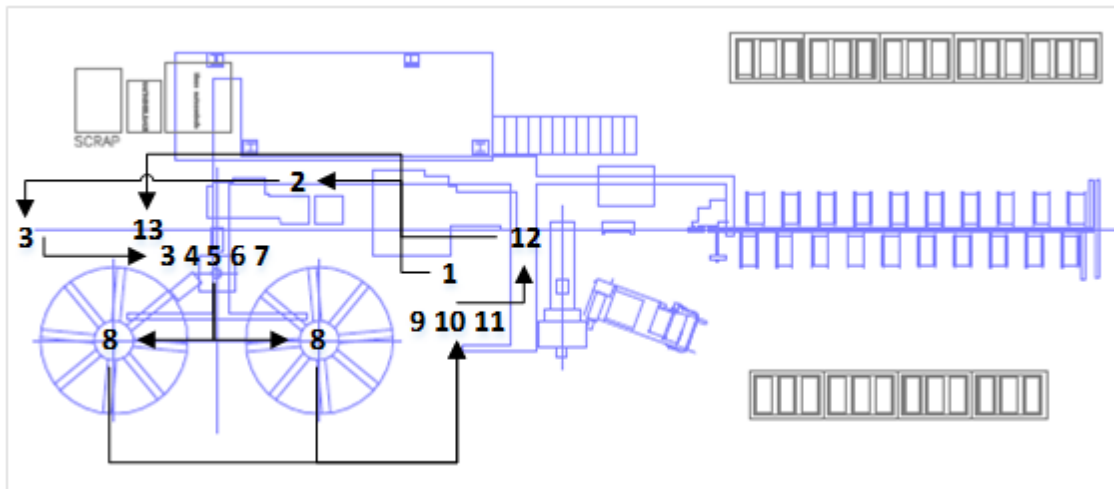


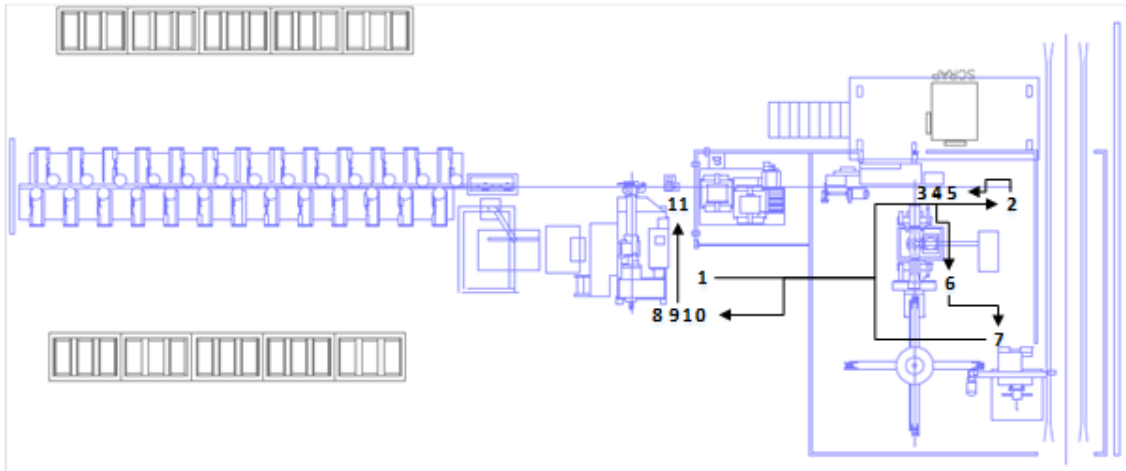
Figura 43 - Mudança de jante CT#02

Na CT#03, a mudança de jante é em muito semelhante à da CT#01, tirando o facto de que é necessário afinar as garras do acumulador, para que este possa “agarrar” os núcleos de talão para armazenar nos suportes.

Tabela 6 - Operações efetuadas durante o *setup* – Mudança de Jante na CT#03

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,14
2	Procurar jante para nova corrida	0,1
3	Retirar jante da corrida anterior	2,25
4	Colocar jante para nova corrida	2,97
5	Afinar rolo compressor	0,45
6	Afinar garras do <i>rôbo</i>	2,18
7	Afinar garras do acumulador	1,72
8	Dirigir-se para o computador	0,14
9	Inserir receita para nova corrida	0,52
10	Ligar extrusora	0,1
11	Remover excesso de borracha	0,17

Uma mudança de jante na CT#03, demora 10,74 minutos como se pode observar na Figura 44 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.



*Figura 44 - Mudança de jante CT#03*

### **Mudança do número de arames**

Uma mudança do número de arames realiza-se quando se pretende produzir núcleos de talão com um diferente número de arames ao que está a ser produzido.

A mudança do número de arames na CT#01, é diferente, pois nesta é necessário trocar componentes na máquina para que este produza núcleos de talão com um número de arames diferente. Na Tabela 7 estão identificados os componentes a ser substituídos no ID 11 e 12 da Tabela 8.

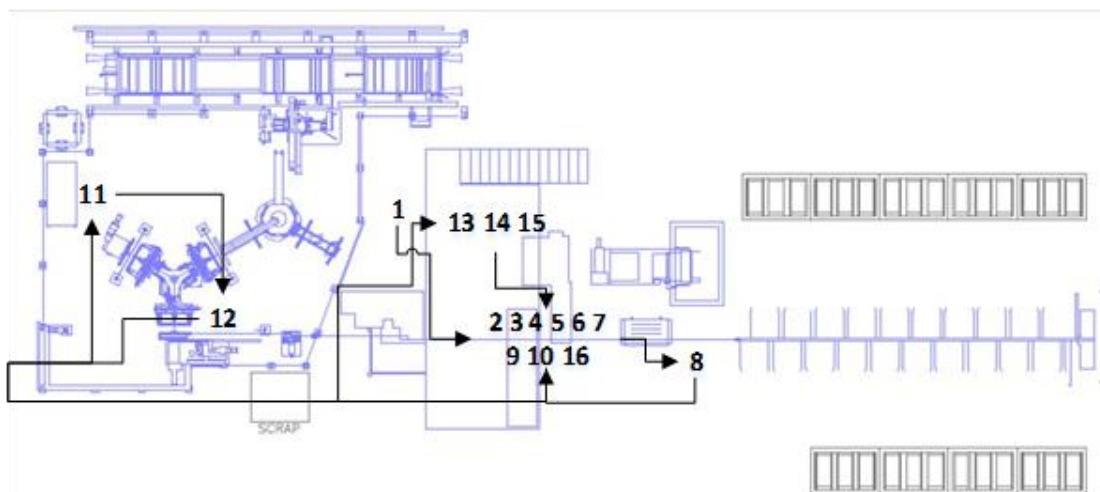
*Tabela 7 – Componentes para mudança do número de arames CT#01*

<b>Componentes</b>
Lâminas
Contra Lâminas
Guias 1
Guias 2
Guia de avanço-recuo
Guia de separação
Rolo compressor

*Tabela 8 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#01*

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o cabeçote da extrusora	0,16
2	Desapertar cabeçote da extrusora	0,87
3	Retirar fieira do cabeçote	1,14
4	Limpar cabeçote	1,6
5	Fazer passar pela nova fieira os arames	1,8
6	Colocar nova fieira com respetiva guia no cabeçote	3,2
7	Apertar cabeçote a extrusora	1,2
8	Adicionar/Cortar arames	2,3
9	Marcar início de nova produção	0,18
10	Dirigir-se para o interior da máquina	0,16
11	Procurar componentes para substituição na máquina	1,9
12	Substituir componentes	9,26
13	Dirigir-se para o computador	0,14
14	Inserir receita para nova corrida	0,52
15	Ligar extrusora	0,1
16	Remover excesso de borracha	0,17

Uma mudança do número de arames na CT#01, demora 24,7 minutos como se pode observar na Figura 45 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.



*Figura 45 - Mudança do número de arames – CT#01*

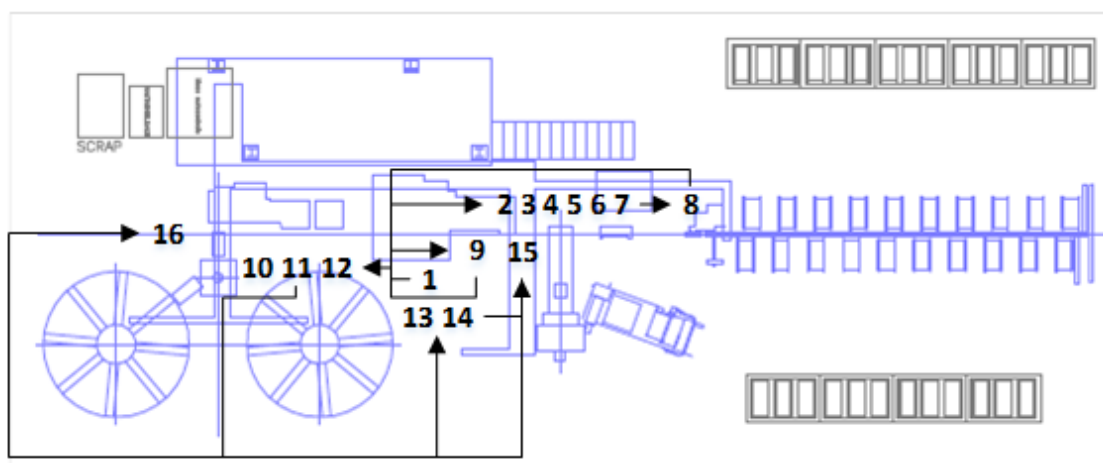
A mudança de arame da CT#02, já é diferente da realizada na CT#01, pois não é necessária a substituição de componentes na máquina. Então existe a afinação das lâminas e

das guias presentes nas máquinas para que esta possa produzir núcleos de talão com número de arames diferentes ao que está a ser produzido.

*Tabela 9 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#02*

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirige-se para o cabeçote da extrusora	0,12
2	Desaperta cabeçote da extrusora	1,60
3	Retira fieira do cabeçote	1,5
4	Limpa cabeçote	2,45
5	Faz passar pela nova fieira os arames	1,95
6	Coloca nova fieira com respetiva guia no cabeçote	3,47
7	Aperta cabeçote a extrusora	0,83
8	Adiciona/Corta arames	1,73
9	Marca início de nova produção	0,18
10	Dirige-se para o interior da máquina	0,14
11	Ajusta lâminas e guias	6,51
12	Dirige-se para o computador	0,14
13	Insera receita para nova corrida	0,43
14	Liga extrusora	0,1
15	Remove excesso de borracha	0,15
16	Afina máquina	3,32

Uma mudança do número de arames na CT#02, demora 24,62 minutos como se pode observar na Figura 46 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.



*Figura 46 - Mudança do número de arames – CT#02*

Tal como na CT#03, não existem componentes a ser substituídos na máquina, só é necessário ajustar as lâminas e as guias presentes na máquina.

Tabela 10 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança do número de arames CT#03

ID	Tarefa	Tempo (min)	
1	Dirige-se para o cabeçote da extrusora	0,12	
2	Desaperta cabeçote da extrusora	0,86	
3	Retira fieira do cabeçote	1,13	
4	Limpa cabeçote	1,70	
5	Faz passar pela nova fieira os arames	1,80	
6	Coloca nova fieira com respetiva guia no cabeçote	3,9	
7	Aperta cabeçote a extrusora	1,03	
8	Adiciona/Corta arames	2,3	
9	Marca início de nova produção	0,18	
10	Dirige-se para o interior da máquina	0,14	
11	Ajusta lâminas e guias	5,23	
12	Dirige-se para o computador	0,14	
13	Insera receita para nova corrida	0,52	
14	Liga extrusora	0,1	
15	Remove excesso de borracha	0,17	

Uma mudança do número de arames na CT#03, demora 19,32 minutos como se pode observar na Figura 47 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

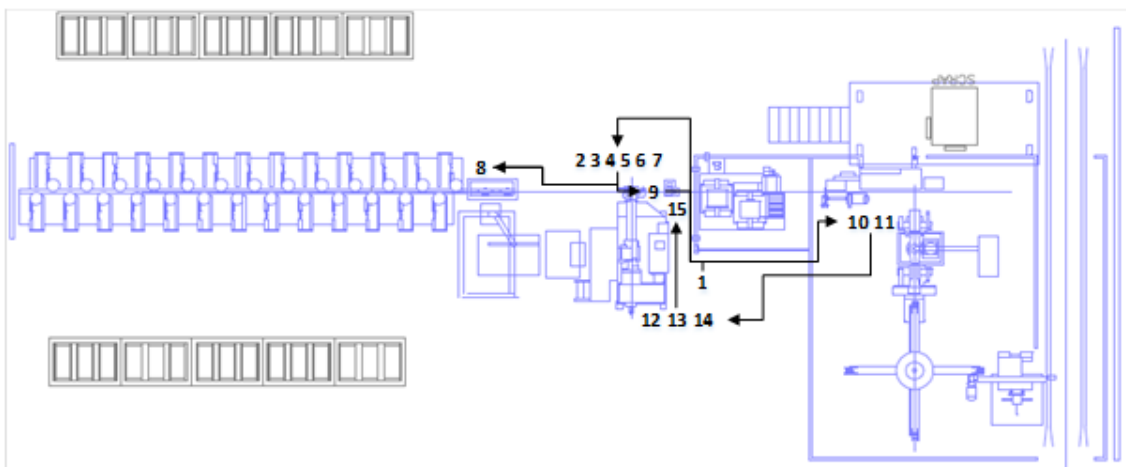


Figura 47 - Mudança do número de arames – CT#03

### Mudança de perímetro

A mudança de perímetro realiza-se quando a medida pretendida tem um perímetro interno do núcleo de talão diferente da que esta a ser produzida.

Na CT#01, para realizar a mudança do perímetro interno dos núcleos de talão é só necessário trocar uma peça (espacejador) para que a jante assuma o perímetro pretendido.

Tabela 11 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#01

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,15
2	Colocar novo spacejador	0,68
3	Dirigir-se para o computador	0,15
4	Inserir receita para nova corrida	0,43
5	Ligar extrusora	0,10
6	Remover excesso de borracha	0,15

Uma mudança de perímetro na CT#01, demora 1,66 minutos como se pode observar na Figura 48 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

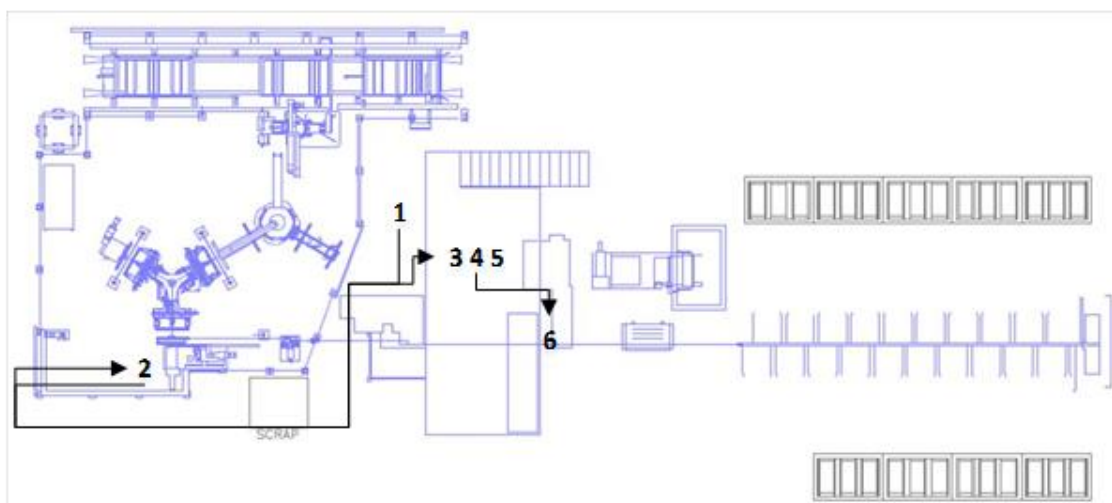


Figura 48 - Mudança de perímetro – CT#01

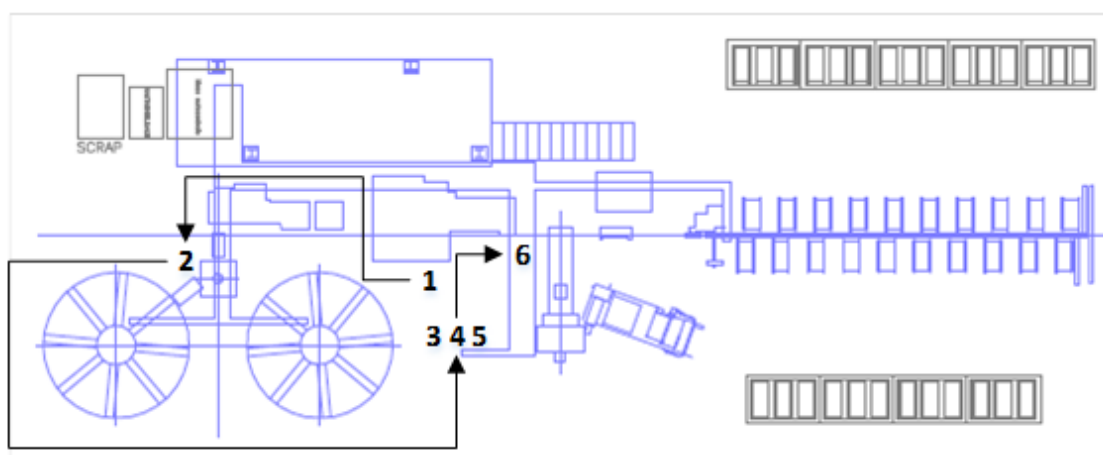
A mudança de perímetro na CT#02 é distinta das outras máquinas, pois por utilizar um tipo diferente de jante, também para alterar o perímetro da jante é diferente do das outras máquinas. Na CT#02 é utilizado outro tipo de spacejador que se encontra na própria jante, tendo o operador de o substituir o spacejador na própria jante para que seja possível produzir núcleos de talão com o perímetro interno pretendido.



*Tabela 12 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#02*

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,15
2	Colocar novo espacejador na jante	1,38
3	Dirigir-se para o computador	0,12
4	Inserir receita para nova corrida	0,43
5	Ligar extrusora	0,1
6	Remover excesso de borracha	0,15

Uma mudança de perímetro na CT#02, demora 2,33 minutos como se pode observar na Figura 49 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.



*Figura 49 - Mudança de perímetro – CT#02*

A mudança de perímetro na CT#03 é semelhante a realizada na CT#01, pois utilizam o mesmo tipo de jante, sendo então só necessário a troca do espacejador para que a jante assuma o perímetro pretendido para a construção de núcleos de talão.

*Tabela 13 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de perímetro na CT#03*

ID	Tarefa	Tempo (min)
1	Dirigir-se para o interior da máquina	0,15
2	Colocar novo espacejador	0,74
3	Dirigir-se para o computador	0,14
4	Inserir receita para nova corrida	0,52
5	Ligar extrusora	0,1
6	Remover excesso de borracha	0,17

Uma mudança de perímetro na CT#03, demora 1,82 minutos como se pode observar na Figura 50 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

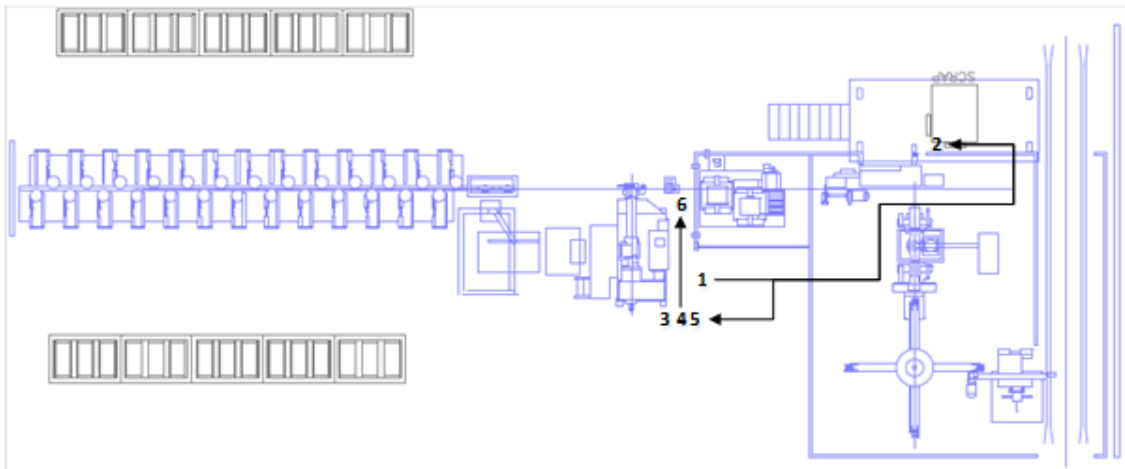


Figura 50 - Mudança de perímetro – CT#03

### Mudança do número de voltas

A mudança do número voltas realiza-se quando se pretende alterar o número de voltas do núcleo de talão. Para fazer a alteração do número de voltas dos núcleos de talão, é só necessário a alteração da receita no computador para a receita pretendida para a nova corrida.

Tabela 14 - Operações efetuadas durante o *setup* – Mudança do número de voltas

ID	Tarefa	Tempo (min)		
		CT#01	CT#02	CT#03
1	Inserir receita para nova corrida	0,43	0,43	0,52
2	Ligar extrusora	0,1	0,1	0,1
3	Remover excesso de borracha	0,16	0,15	0,17

A mudança de número de voltas na CT#1 demora 0,69 minutos, na CT#02 0,68 minutos e na CT#03 0,79 minutos. Como é só necessário a troca de receita no computador da máquina os tempos são pequenos, sendo assim este o *setup* mais rápido de realizar.

### Mudança de bobine

O *setup* de mudança de bobine é realizado quando é necessário substituir uma bobine de arame na estação de alimentação onde a CT#01 e a CT02 têm capacidade para 20 bobines de arame, enquanto que, a CT#03 tem capacidade para 26 bobines de arame.

Este *setup* caracteriza-se por ter duas fases, uma primeira fase de preparação da nova bobine e a segunda de substituição da bobine (Tabela 15).

Tabela 15 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Bobine

Tarefa		Tempo (min)
<b>Prepara bobine para mudança</b>	Desapertar veio de uma bobine arame vazia	0,42
	Colocar veio na bobine de arame cheia	0,55
	Apertar veio na bobine	0,75
	Remover plástico	0,32
<b>Substitui Bobine</b>	Retirar bobine vazia do sistema de alimentação	1,42
	Colocar nova bobine de arame no sistema	1,08
	Unir as duas pontas de arame (Solda arame)	0,48
	Remover rebarbas do processo de soldagem	0,37
	Colocar arame no sistema de alimentação	0,63

O tempo para a mudança de uma bobine nas CT's é de 6,02 minutos, incluindo o tempo de prepara a bobine e substituir a mesma (Figura 51).

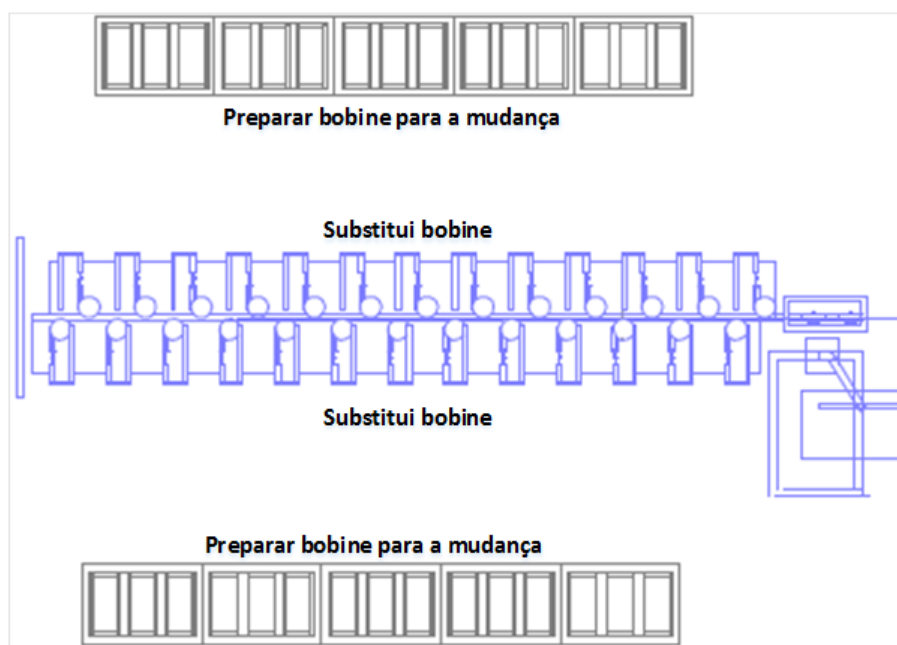


Figura 51 - Mudança de bobine

#### 4.1.2 Análise das perturbações no decorrer do trabalho

Para além dos *setup's*, o operador tem como tarefa controlar todo o processo de forma a garantir as condições normais de trabalho. Por vezes, surgem situações imprevisíveis que impedem o normal funcionamento da máquina, sendo necessária a intervenção humana no processo. Dependendo do tipo de situação, pode ser o próprio operador a resolver o problema ou, caso não tenha conhecimentos ou ferramentas para a resolução do mesmo recorrer a pessoal especializado para correção do problema.

Quando é necessário recorrer a pessoal especializado, o tempo perdido na resolução do problema é classificado como avaria, enquanto, problemas resolvidos pelo operador são classificados como perturbações. Perturbações são definidas como as razões que levam a paragens inesperadas da máquina, geralmente resolvidas pelos próprios operadores.

Para proceder à análise de perturbações, foi necessário um período de observação nas máquinas para identificar a perturbações inerentes ao processo. O período da amostra é de 2405 minutos de observação, onde foram observadas as perturbações presentes na Tabela 16.

Tabela 16 – Perturbações CT's

Perturbações	Tempo (min)			∑tempos (min)	%
	CT#01	CT#02	CT#03		
<b>Preencher etiquetas (Impressora avariada)</b>	0,00	1,50	0,00	1,50	1%
<b>Rebentamento de arame</b>	2,57	3,95	27,47	33,98	18%
<b>Talão preso no robô</b>	0,00	3,95	12,00	15,95	9%
<b>Falha de transferência</b>	21,02	2,82	16,45	40,28	22%
<b>Encravamento</b>	48,08	22,95	20,18	91,22	50%

Foram verificados cinco tipos de perturbações nas CT's. Para melhor interpretação dos resultados foi realizado uma análise de Pareto para verificar quais são as perturbações que têm mais incidência sobre o processo (Figura 52). Entretanto conclui-se que 2,54% do tempo produtivo é retirado devido a perturbações que ocorrem.

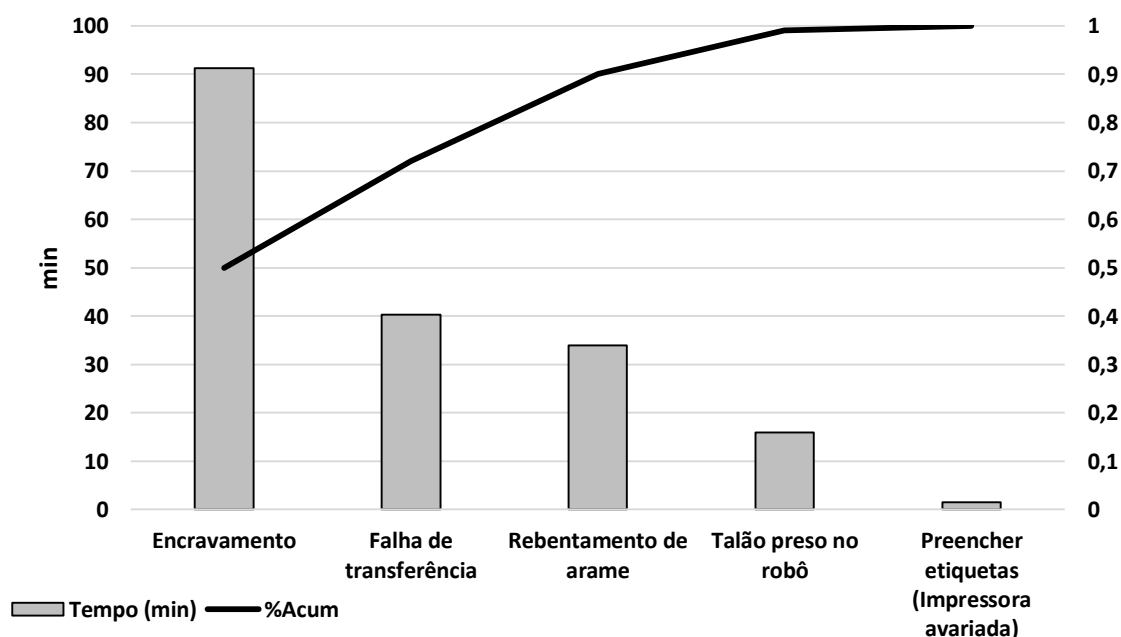


Figura 52 - Diagrama de Pareto – Perturbações CT's

Depois de analisados os resultados do diagrama de Pareto foi realizado um plano de ações para tentar eliminar, ou reduzir os tempos improdutivos da máquina (Tabela 17).

Tabela 17 – Plano de Ação – CT's

Problema	Ação	Responsável
<b>Encravamento</b>	Avaliação Direção de Engenharia; 5'S, Organização das ferramentas (Redução do tempo de resolução dos encravamentos)	Direção de Engenharia; João Carvalho
<b>Falha de transferência</b>	Avaliação Direção de Engenharia	Direção de Engenharia
<b>Rebentamento de arame</b>	Avaliação Direção de Engenharia	Direção de Engenharia

### 4.1.3 Tempos Padrão

O tempo padrão é definido como o tempo necessário que uma máquina ou operador necessitam para executar um processo no fabrico de um produto. Para calcular o tempo padrão é necessário achar todas as variáveis do processo, ou seja, os tempos de ciclo da máquina para as diversas medias, a percentagem de perturbações, a correção fadiga associada ao processo e o descanso definido pela empresa.

No capítulo anterior (4.1.2 Análise das perturbações) conclui-se que 2,54% do tempo disponível para produção é ocupado pelas diversas perturbações que acontecem.

Quanto ao descanso, a CMIP, define que 6% do tempo do turno é para descanso do operador.

A simples realização de uma tarefa exige sempre um dispêndio de um certo esforço para a realização da mesma, mesmo adotando um método mais pratico e eficaz. Por essa razão é necessário obter um tempo para permitir ao operador repousar para recuperar o esforço despendido em certas tarefas. A isso é chamado correção de fadiga, onde é estudado o esforço físico resultante da natureza do trabalho (A), a tensão mental (B) e o esforço físico ou tensão mental resultante da natureza das condições de trabalho (C) (Arezes & Costa, 2003). Com base nas tabelas presentes no Anexo III – Tabelas Fadiga (Arezes & Costa, 2003), foi atribuída uma classificação para as diversas variáveis apresentadas de forma a obter a correção de fadiga para os operadores das máquinas de construção de núcleos de talão (Tabela 18).

Tabela 18 - Tabela de cálculo da fadiga - CT's

Variáveis	Pontuação Atribuída		
	CT#01	CT#02	CT#03
A1 – Força Desenvolvida Média	3	6	3
A2 – Posição de Trabalho	4	4	4
A3 – Vibrações	0	0	0
A4 – Ciclo Curto	0	0	0
A5 – Vestuário de Trabalho Incómodo	0	0	0
B1 – Concentração/Ansiedade	2	2	2
B2 – Monotonia	5	5	5
B3 – Esforços Visuais	0	0	0
B4 – Ruído	4	4	4
C1 – Temperatura e Grau Higrométrico	1	1	1
C2 – Ventilação	0	0	0
C3 – Fumos e Vapores	0	0	0
C4 – Poeira	0	0	0
C5 – Sujidade	0	0	0
C6 – Humidade	0	0	0
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>19</b>
<b>Correção</b>	<b>12%</b>	<b>13%</b>	<b>12%</b>

Então ao tempo padrão é incluído a correção de fadiga de 12% para a CT#01 e CT#03 e de 13% para a CT#02, isto pois o operador da CT#02, como já foi referido anteriormente, tem a tarefa de colocar os núcleos de talão nos suportes de armazenamento, por falta de sistema automático de armazenamento na máquina.

Calculada a correção de fadiga, é então necessário a determinação dos tempos de ciclo para a determinação do seu tempo padrão. O tempo de ciclo é definido como o tempo que se demora a produzir uma peça conforme. No caso das CT's, o tempo de ciclo é definido pela estação de conformação/corte. Para obtenção do tempo de ciclo mais correto, dividiu-se os tempos observados em cinco etapas da construção do núcleo de talão. Com a soma dessas cinco etapas é possível obter o tempo de ciclo de cada medida produzida pelas máquinas de construção de núcleos de talão (Figura 53).

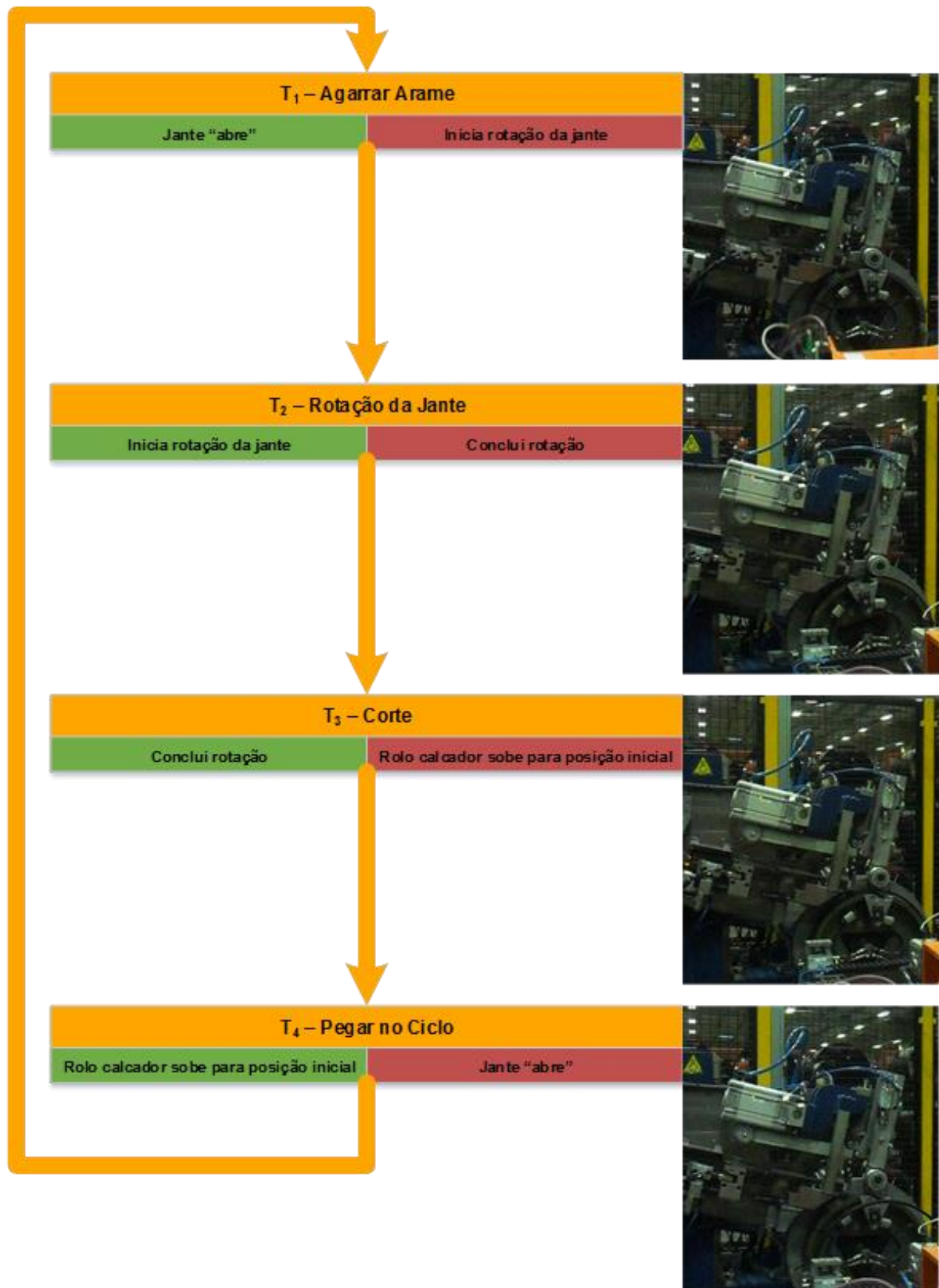


Figura 53 - Pontos de medição do tempo de ciclo - CT's

Ocasionalmente, existe uma paragem na máquina, definida como *setpoint* (Figura 54), onde o ciclo de núcleos de talão fica à espera para seguir no processo. Existem 2 *setpoint*'s distintos, o primeiro acontece quando existe a rotação do braço do acumulador, por este ter atingido a capacidade máxima, já o segundo acontece quando existe troca de suporte de armazenamento, ou seja, a máquina expulsa o suporte de armazenamento cheio, e recebe um novo suporte vazio. No segundo *setpoint* existe também o primeiro *setpoint*, ou seja, ao segundo *setpoint* é a junção do tempo de rotação do acumulador com o tempo de expulsar e receber um novo suporte de armazenamento. Este *setpoint*'s, estão associados ao sistema de carregamento automático, então não se verifica qualquer tipo de *setpoint* na CT#02, por esta ainda não estar equipada com um sistema de carregamento automático, sendo o carregamento dos suportes de armazenamento efetuados manualmente.

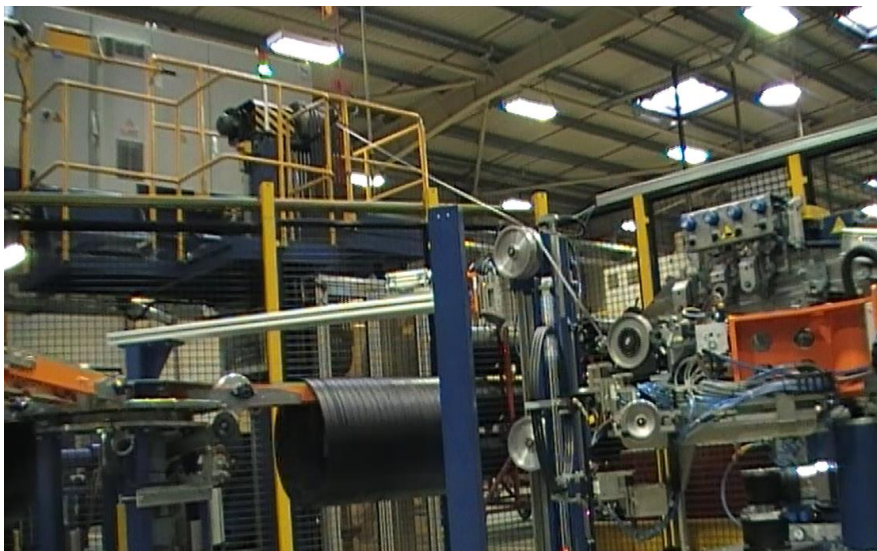


Figura 54 - Setpoint

Com isto é possível obter os tempos de ciclo para as diversas medidas. Como estamos a falar de máquinas com idades diferentes e capacidade diferentes, os tempos terão que ser divididos por máquina e por medida. Não é possível, para a mesma medida, que o tempo de ciclo de na CT#01 seja igual ao da CT#03, pois esta dispõe de uma capacidade maior, ou seja consegue fazer mais um núcleo de talão por ciclo que a CT#01. O facto de a CT#03 conseguir construir mais um núcleo de talão relativamente a CT#01, é por esta ter capacidade para 26 bobines de arame, enquanto a CT#01 só dispõem de 20 bobines de arame no seu sistema.

Na Tabela 19, são apresentados os tempos de ciclo para as três máquinas e para as medidas observadas durante a realização do estudo, não estando, no entanto, completa devido a existência de medidas que na altura não estariam em produção, mas que entrariam em produção numa altura posterior.



Tabela 19 – Tempos ciclo para medidas observadas (CT's)

Jante	N.º de arames	N.º de voltas	CT#01		CT#02		CT#03	
			Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)
14	4	4			4		5	
14	5	4			4		5	0,0265
15	4	4			4		5	
15	5	4	4		4		5	0,0265
15	5	5	4		4		5	0,0287
15	6	5	3		3		4	
15	6	6	3		3		4	
16	4	4			4		5	
16	5	4	4		4		5	0,0287
16	5	5	4		4	0,0201	5	0,0289
16	6	5	3	0,0327	3	0,0293	4	
16	6	6	3		3		4	
17	5	5	4	0,0264	4	0,0220	5	0,0289
17	6	5	3	0,0328	3		4	
17	6	6	3	0,0344	3		4	
18	5	5	4		4	0,0220	5	0,0313
18	6	5	3	0,0332	3		4	
18	6	6	3	0,0344	3		4	
19	5	5	4		4	0,0220	5	0,0313
19	6	5	3	0,0332	3		4	
20	5	5	4		4	0,0220	5	
20	6	5	3	0,0333	3		4	
20	6	6	3		3		4	
21	6	6	3					

Com isto já nos é possível calcular os tempos padrão para as diversas medidas de núcleos de talão produzidos, já que possuímos todas as variáveis necessárias para o cálculo do mesmo (Equação 5).

Equação 5 - Formula de cálculo do tempo padrão para o tempo de ciclo

$$\text{Tempo Padrão} = \text{Tempo ciclo} * (1 + \% \text{Fadiga})(1 + \% \text{Perturbações}^3)(1 + \% \text{Descanço})$$

<sup>3</sup> % Perturbações - Correção relativa a ocorrências irregulares

Tabela 20 – Tempos padrão – CT's

Jante	N.º de arames	N.º de voltas	CT#01		CT#02		CT#03	
			Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)
14	4	4			4		5	
14	5	4			4		5	
15	4	4			4		5	
15	5	4			4		5	0,0258
15	5	5			4		5	
15	6	5	3		3		4	
15	6	6	3		3		4	
16	4	4			4		5	
16	5	4	4		4		5	0,0253
16	5	5	4		4	0,0248	5	0,0272
16	6	5	3	0,0400	3	0,0361	4	
16	6	6	3		3		4	
17	5	5	4	0,0322	4	0,0271	5	0,0268
17	6	5	3	0,0401	3		4	
17	6	6	3	0,0420	3		4	
18	5	5	4		4	0,0271	5	
18	6	5	3	0,0405	3		4	
18	6	6	3	0,0420	3		4	
19	5	5	4		4	0,0271	5	0,0266
19	6	5	3	0,0406	3		4	
20	5	5	4		4	0,0271	5	
20	6	5	3	0,0407	3		4	
20	6	6	3		3		4	
21	6	6	3					

Como existe necessidade de saber os tempos padrão para todas as medidas, procedeu-se a uma abordagem teórica para determinação dos tempos. Uma vez que se trata de uma máquina sabemos que existem determinados tempos parciais da máquina que não se alteram, alterando só o número de rotações por minuto definidas pelo departamento de processo de forma a visar uma melhor conceção do produto. Assim dividimos o tempo de ciclo em 5 fases (Tabela 21).

Os tempos de *setpoint* são diferentes entre a CT#01 e a CT#03 devido às diferenças dos acumuladores, podendo cada braço do acumulador da CT#01 levar 24 ciclos enquanto o braço do acumulador da CT#03 levar 15 ciclos.

*Tabela 21 – Tempos das fases nas 3 máquinas*

Fases		Tempo (seg)		
		CT#01	CT#02	CT#03
T <sub>1</sub>	Agarrar Arame	0,933	0,733	0,747
T <sub>2</sub>	Rotação da jante	Calculado com base das rotações por minuto para cada medida		
T <sub>3</sub>	Corte	1,133	1,378	1,422
T <sub>4</sub>	Pegar ciclo	1,333	0,333	0,360
T <sub>ST1</sub>	Setpoint (Tipo 1)	0,129	X	0,180
T <sub>ST2</sub>	Setpoint (Tipo 2)	0,055	X	0,049

Durante a observação do trabalhar da máquina no processo de construção, nota-se que a ultima rotação não é completa, influenciando assim também o tempo de rotação da jante, mas tendo o ponto exato de paragem (Tabela 22) é possível calcular o tempo exato de rotação da jante.

*Tabela 22 – Ponto de paragem da jante antes do momento de corte*

Ponto de paragem da rotação da jante	
CT#01	339°
CT#02	344°
CT#03	354°

Para calcular o tempo de rotação foi utilizada a fórmula apresentada, tendo como variáveis as rotações por minuto (RPM) definidos pelo departamento de processo para cada medida e em cada máquina, o número de voltas da medida em questão o Ponto de Paragem da jante antes do momento do Corte (PMC) da máquina (Equação 6).

*Equação 6 - Formula para cálculo do tempo de rotação da jante*

$$T_2 = \left( \frac{2\pi}{\left( \frac{2\pi * RPM}{60} \right)} \right) * \left( n^{\circ} \text{ de voltas} - \left( 1 - \frac{PMC}{360} \right) \right)$$

Com isto já é possível obter o número de ciclos que ocorrem num minuto e consequentemente o tempo de ciclo de um núcleo de talão (Equação 7).

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Equação 7 - Formula para cálculo dos ciclos por minuto

$$\text{Ciclos/min} = \frac{60}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_{ST1} + T_{ST2}}$$

Com isto já é possível definir os tempos padrão teóricos para cada medida nas máquinas de construção de núcleos de talão (Tabela 23)

Tabela 23 – Tempos Padrão teóricos

Jante	N.º de arames	N.º de voltas	CT#01		CT#02		CT#03	
			Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)	Núcleos/ Ciclo	Tempo (min)
14	4	4			4	0,0205	5	0,0220
14	5	4			4	0,0205	5	0,0220
15	4	4			4	0,0205	5	0,0220
15	5	4			4	0,0205	5	0,0220
15	5	5			4	0,0226	5	0,0241
15	6	5	3	0,0376	3	0,0301	4	0,0322
15	6	6	3	0,0404	3	0,0330	4	0,0350
16	4	4			4	0,0205	5	0,0220
16	5	4	4	0,0261	4	0,0205	5	0,0220
16	5	5	4	0,0282	4	0,0226	5	0,0241
16	6	5	3	0,0376	3	0,0301	4	0,0322
16	6	6	3	0,0404	3	0,0330	4	0,0350
17	5	5	4	0,0282	4	0,0255	5	0,0241
17	6	5	3	0,0376	3	0,0340	4	0,0322
17	6	6	3	0,0404	3	0,0375	4	0,0350
18	5	5	4	0,0282	4	0,0255	5	0,0270
18	6	5	3	0,0376	3	0,0340	4	0,0360
18	6	6	3	0,0404	3	0,0375	4	0,0396
19	5	5	4	0,0291	4	0,0255	5	0,0270
19	6	5	3	0,0376	3	0,0340	4	0,0360
20	5	5	4	0,0299	4	0,0255	5	0,0270
20	6	5	3	0,0399	3	0,0340	4	0,0360
20	6	6	3	0,0450	3	0,0375	4	0,0396
21	6	6	3	0,0450				

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Como existe termo de comparação, é possível comparar os tempos obtidos atualmente, com os anteriores (2008) para verificar se existiu ganho de tempo desde a última atualização para os tempos atuais (Tabela 24). Pode-se verificar que existiu um acréscimo nos tempos de 5% nos tempos da CT#01, um decréscimo de 5% nos tempos na CT#02, e um decréscimo de cerca de 10% nos tempos da CT#03 em comparação com os tempos obtidos em 2008.

Tabela 24 – Comparação tempos de ciclo antigos (2008) com os tempos atuais teóricos

Jante	N.º de arames	N.º de voltas	CT#01		CT#02		CT#03	
			Tempo Antigo (min)	Tempo Atual (min)	Tempo Antigo (min)	Tempo Atual (min)	Tempo Antigo (min)	Tempo Atual (min)
14	4	4			0,0229	0,0205		0,0220
14	5	4			0,0226	0,0205	0,0198	0,0220
15	4	4			0,0230	0,0205		0,0220
15	5	4	0,0235		0,0227	0,0205	0,0198	0,0220
15	5	5	0,0264		0,0248	0,0226	0,0215	0,0241
15	6	5	0,0353	0,0376	0,0331	0,0301		0,0322
15	6	6	0,0391	0,0404	0,0364	0,0330		0,0350
16	4	4				0,0205		0,0220
16	5	4	0,0237	0,0261	0,0229	0,0205	0,0215	0,0220
16	5	5	0,0269	0,0282	0,0250	0,0226	0,0217	0,0241
16	6	5	0,0358	0,0376	0,0333	0,0301		0,0322
16	6	6	0,0395	0,0404	0,0368	0,0330		0,0350
17	5	5		0,0282	0,0252	0,0255	0,0217	0,0241
17	6	5		0,0376	0,0336	0,0340		0,0322
17	6	6		0,0404	0,0371	0,0375		0,0350
18	5	5		0,0282	0,0254	0,0255	0,0235	0,0270
18	6	5		0,0376	0,0339	0,0340		0,0360
18	6	6		0,0404	0,0374	0,0375		0,0396
19	5	5		0,0291	0,0257	0,0255	0,0235	0,0270
19	6	5		0,0376	0,0341	0,0340		0,0360
20	5	5		0,0299	0,0259	0,0255		0,0270
20	6	5		0,0399	0,0344	0,0340		0,0360
20	6	6		0,0450	0,0377	0,0375		0,0396
21	6	6		0,0450				

O decréscimo de tempo é explicado pelas atualizações a que as máquinas estiveram sujeitas, como se pode verificar pela CT#01, o número de medidas que é possível produzir nessa máquina aumentou. O aumento dos tempos, pode justificar-se pela redução de velocidades de rotação da jante.

Para o cálculo do tempo padrão dos *setup*'s (Equação 8), é necessário conhecer o tempo real do *setup* a fadiga do operador, as perturbações associadas aos *setup*'s, e o descanso.

*Equação 8 - Calculo tempo padrão setup's*

$$TP_{Setup} = Tempo\ obs * (1 + \%Fadiga)(1 + \%Perturbações\ setup)(1 + \%Descanço)$$

Como não foram observadas quaisquer perturbações durante a realização de *setup*'s, é considerado 0% de perturbações. Os tempos de *setup* são conhecidos (4.1.1 *Setup*'s), e as correções de fadiga e descanso também, é então possível definir os tempos padrão para os *setup*'s nas máquinas de construção de núcleos de talão.

*Tabela 25 – Tempos padrão setup's –CT's*

<i>Setup</i> 's	Tempo (min)		
	CT#01	CT#02	CT#03
Mudança de jante	8,75	13,90	12,75
Mudança do número de arames	29,32	29,23	22,94
Mudança de perímetro	1,97	2,77	2,16
Mudança do número de voltas	0,82	0,81	0,94
Mudança de bobine	7,15	7,15	7,15

Para que exista uma base de comparação entre os tempos atuais com os tempos anteriormente calculados, foi necessário alterar um dos *setup*'s apresentados anteriormente, para existir uma base de comparação. Nos tempos anteriormente calculados não existe qualquer referência ao tempo de mudança de arame, existe o tempo de mudança de jante com mudança do número de arames. Para que exista uma base de comparação foram adicionados o tempo de mudança de jante com o tempo de mudança do número de arames (Equação 9).

*Equação 9 - Calculo do tempo de mudança de jante com mudança do número de arames*

$$TP_{Setup} = (T_{Mudança\ de\ jante} + T_{Mudança\ do\ n^o\ de\ arames}) * (1 + \%Fadiga) * (1 + \%Descanço)$$

Tabela 26 - Comparação tempos setup antigos (2008) com os tempos atuais – CT's

Setup's	Tempo (min)					
	CT#01		CT#02		CT#03	
	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual
Mudança de jante	32	8,75	32	13,90	30,60	12,75
Mudança de jante com mudança do número de arames	44,80	38,07	44,80	43,13	35,10	35,69
Mudança de perímetro	10,50	1,97	10,50	2,77	2,62	2,16
Mudança do número de voltas	12,60	0,82	12,60	0,81	2,57	0,94
Mudança de bobine	8,1	7,15	10,6	7,15	10,6	7,15

É possível verificar que os tempos de *setup* atuais desceram relativamente aos tempos anteriores (2008). Isso acontece devido às constantes melhorias e atualizações a que as máquinas estão sujeitas. Pode verificar-se que a máquina CT#03 é aquela que possui uma menor diferença de tempo quanto aos anteriores, devido a não ter sido alvo de muitas alterações, ao contrário da CT#01, em que todos os tempos desceram relativamente aos anteriormente obtidos.

#### 4.1.4 Balanceamento de postos de trabalho

Uma análise de *manning level*, ou balanceamento dos postos de trabalho, é necessária para saber quantos recursos (colaboradores) são necessários para o normal funcionamento de um sistema produtivo. É então necessário identificar todas as tarefas realizadas pelo operador durante o funcionamento da máquina, além dos tempos de *setup's*, obtidos anteriormente (4.1.1 *Setup's*), todas as tarefas auxiliares para o normal funcionamento do sistema produtivo (Tabela 27).

Tabela 27 – Tarefas auxiliares

Tarefas auxiliares	Tempo (min)
Abastecer com mesa de composto	3
Abastecer extrusora com composto	0,47
Auto-controlo	2,07
Parquear carro	1,07
Colocar carro na máquina	0,43
Procurar carros	1,43
Pesar Scrap	2,13
Passar talões da magazine para o carro	0,28

Nas tarefas auxiliares pode verificar-se o auto-controlo, que consiste no controlo da qualidade dos núcleos de talão. É necessário fazer o controlo de qualidade sempre que existe uma troca de medida, ou seja, depois de um *setup* segue-se o controlo de qualidade.

A tarefa denomina como parquear carro, engloba as tarefas de retirar o suporte de armazenamento da máquina, identificar o suporte com a medida nele contido, e levar o suporte de armazenamento para o respetivo lugar do FIFO.

Sempre que necessário, o operador deve ir à procura de suportes de armazenamento, tarefa descrita como Procurar Carros, simboliza a tarefa de procurar suporte de armazenamento.

Na tarefa denominada como colocar carro na máquina, entende-se a tarefa de o operador colocar o carro no sistema de armazenamento automático. Apesar de a CT#02 não ter sistema de armazenamento automático, é necessário posicionar os carros numa determinada posição para ter condições ergonómicas para que seja possível armazenar nos núcleos de talão nos suportes de armazenamento.

A tarefa Passar talões da magazine para o carro define a tarefa realizada na CT#02, como a operação de colocar os núcleos de talão nos suportes de armazenamento.

No final do turno cada operador deve pesar o *scrap* gerado durante o turno, e um dos operadores terá também que realizar o inventário de núcleos de talões no parque e APEX's.

Também para saber a quantidade de *setup*'s que podem acontecer nas máquinas foram analisadas as produções dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de forma a saber a quantidade de núcleos de talão necessários produzir para que *setup* acontecer (Tabela 28). Durante o período analisado, não foi realizada nenhuma mudança do número de arames na CT#03, sendo então impossível concluir o número de talões necessários para a ocorrência do *setup*.

Tabela 28 – Número de núcleos de talões necessário para existir uma mudança de *setup*

<i>Setup</i> 's	Número de talões necessários		
	CT#01	CT#02	CT#03
Mudança de jante	5215	8221	16714
Mudança do número de arames	312892	28681	0
Mudança de perímetro	4214	7439	15988
Mudança do número de voltas	7152	28366	11221
Mudança de bobine	3342	3141	4943

Com todos os parâmetros definidos é então possível realizar um estudo das necessidades de pessoal para operar as máquinas de construção de núcleos de talão. Para realização do estudo

---



## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

teve-se como base a produção de 55.000 pneus por dia, ou seja, uma produção diária de 110.000 núcleos de talão (Tabela 29).

Tabela 29 – Tarefas dos operadores de CT e ocorrências (55.000 pneus)

Tarefa		Tempo (min)	Ocorrências		
			CT#01	CT#02	CT#03
Mudança de Jante	CT#01	7,37	0,04		
	CT#02	11,71		0,43	
	CT#03	10,74			0
Mudança do número de arames	CT#01	24,70	2,34		
	CT#02	24,62		1,49	
	CT#03	19,32			0,73
Mudança de perímetro	CT#01	1,66	2,90		
	CT#02	2,33		1,49	
	CT#03	1,82			0,73
Mudança do número de voltas	CT#01	0,69	1,71		
	CT#02	0,68		0,43	
	CT#03	0,79			0,76
Mudança de bobine	6,02	3,66	3,89	2,47	
Abastecer com mesa de composto	3	0,48	0,52	0,64	
Abastecer extrusora com composto	0,47	1,91	2,07	2,54	
Auto-controlo	2,07	6,99	3,99	2,26	
Parquear carro	1,07	17,00	28,00	40,00	
Colocar carro na máquina	0,43	17,00	28,00	40,00	
Procurar carros	1,43	17,00	28,00	40,00	
Pesar Scrap	2,13	1	1	1	
Passar talões da magazine para o carro	0,28		468		
<b>Fazer "Inventario" (Fim do Turno)</b>					
Inventário de núcleos de talão no parque	15,7				

Tabela 30 – Variáveis para cálculo do número de pessoas necessárias para operar as CT's

Duração do turno	480 min
Almoço	40 min
Tempo disponível	440 min
Descanso	6%

*Tabela 31 – Manning necessário por máquina*

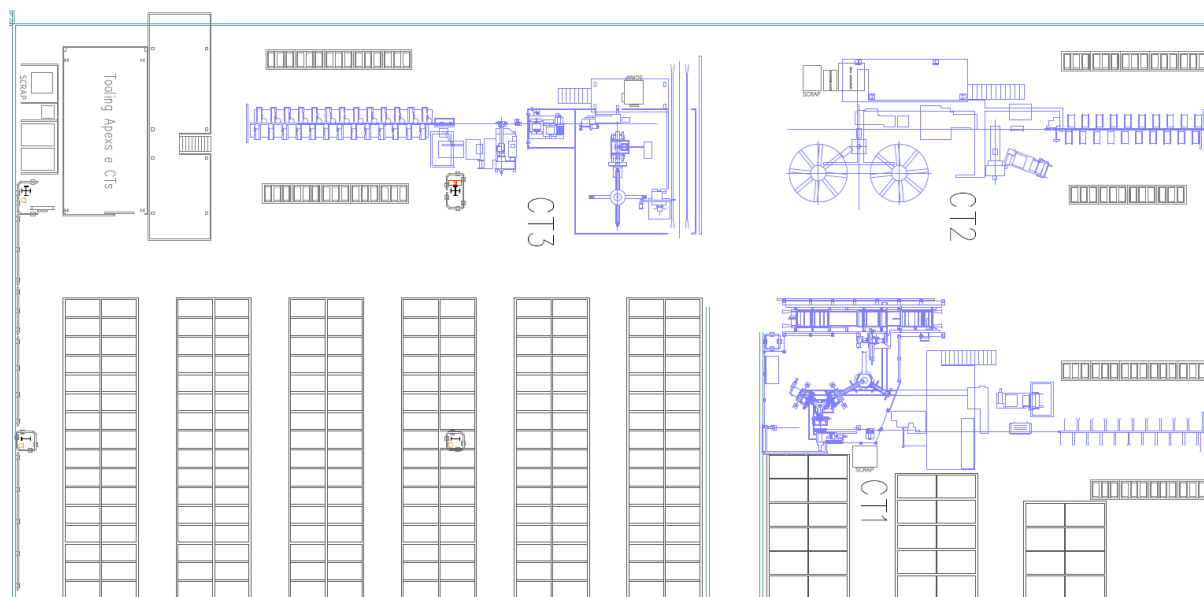
	<b>CT#01</b>	<b>CT#02</b>	<b>CT#03</b>
<b>Perturbações</b>	2,83%	2,83%	2,83%
<b>Fadiga</b>	12%	13%	12%
<b>Tempo Ocupado</b>	68,60 min	227,51 min	127,42 min
<b>Setup's</b>	86,19 min	69,14 min	31,01 min
<b>Tempo Total Necessário</b>	169,78 min	348,85 min	186,27 min
<b>Manning da Maquina</b>	0,39	0,79	0,42

Conclui-se pela análise da Tabela 30 que para operar as três máquinas de construção de núcleos de talão são necessárias 2 pessoas (1,64). Através da análise da Tabela 32, é possível também verificar que um operador pode operar as máquinas CT#01 e CT#03, sendo que outro operador estará a operar a CT#02.

*Tabela 32 – Verificação das máquinas que podem operar com o mesmo operador*

	<b>CT#01</b>	<b>CT#02</b>	<b>CT#03</b>
<b>CT#01</b>	<del>X</del>	1,18	0,81
<b>CT#02</b>	1,18	<del>X</del>	1,22
<b>CT#03</b>	0,81	1,22	<del>X</del>

Apesar de, teoricamente, afirmar-se que um operador pode operar a CT#01 e CT#03, na prática torna-se mais complicado devido ao layout atual (Figura 55), colocando dificuldade em identificar visualmente problemas que poderão surgir nas máquinas no decorrer do turno.



*Figura 55 - Layout atual da área de construção de núcleos de talão*

Uma possível alteração do layout atual por um que contempla-se a hipótese de a CT#03 ocupar o lugar da CT#02, aumentava a capacidade de o operador reagir mais rapidamente a qualquer problema que surgisse em qualquer uma das máquinas, o que é mais difícil com o layout atual. A título de exemplo seria mais simples saber quando seria necessário substituir uma bobine de arame em qualquer uma das máquinas.

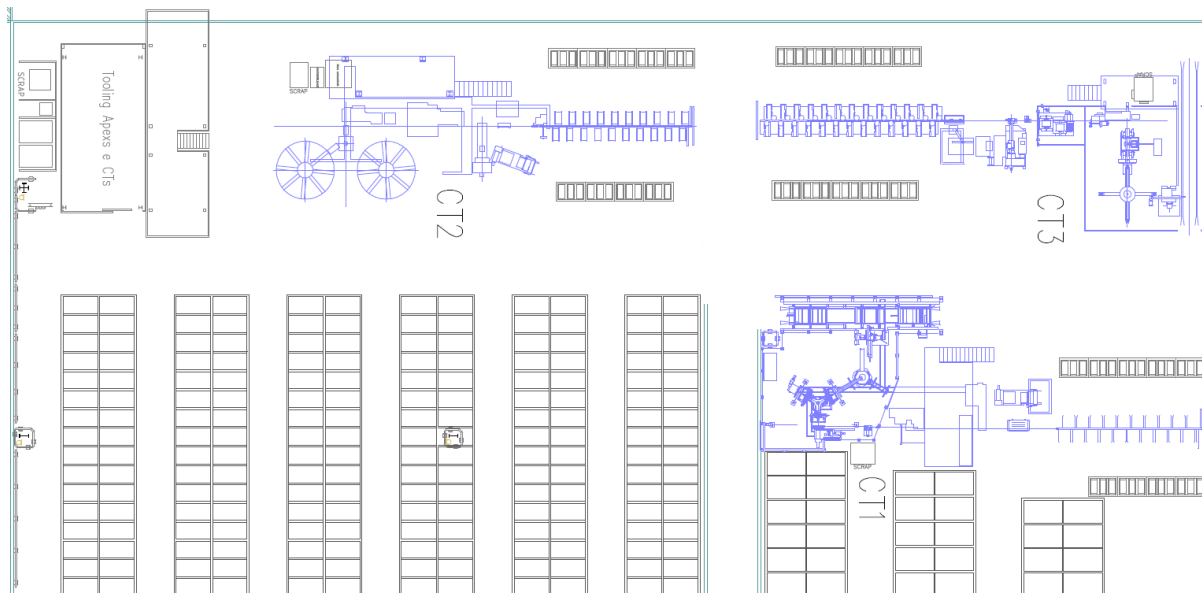


Figura 56 - Layout alternativo para área de construção de núcleos de talão

No entanto estar a propor uma mudança do layout implica elevados custos, devido a troca de posição das máquinas. Atualmente não existe necessidade de trabalhar com as três máquinas em simultâneo. Para a produção de 55.000 pneus por dia são necessários produzir 110.000 núcleos de talão durante os três turnos, significando assim que são necessários cerca de 36.700 núcleos de talão por turno. Como se pode verificar pela Tabela 33, só é necessário funcionar a CT#01 e CT#03 (42759 núcleos talão/turno) para cumprir os objetivos pretendidos, podendo a CT#02 ser uma alternativa quando uma das outras máquinas tiver algum problema que impossibilite o cumprimento dos objetivos pré-estabelecidos, podendo um operador operar com a sua máquina e a CT#02 em paralelo durante períodos de tempo.

Tabela 33 – Capacidade de produção de núcleos de talão – 55.000 pneus/dia

Máquina	Min/núcleo de talão	Núcleos de talão/turno
CT#01	0,031	13279
CT#02	0,019	21092
CT#03	0,015	29479

## 4.2 Aplicação de Cunha no Núcleo

No sentido de proceder à descrição da secção de aplicação cunha núcleo e dos mecanismos a ele associados, foi construído um fluxograma (Figura 57) como o objetivo de dar a entender qual o fluxo dos materiais nesta área do processo.

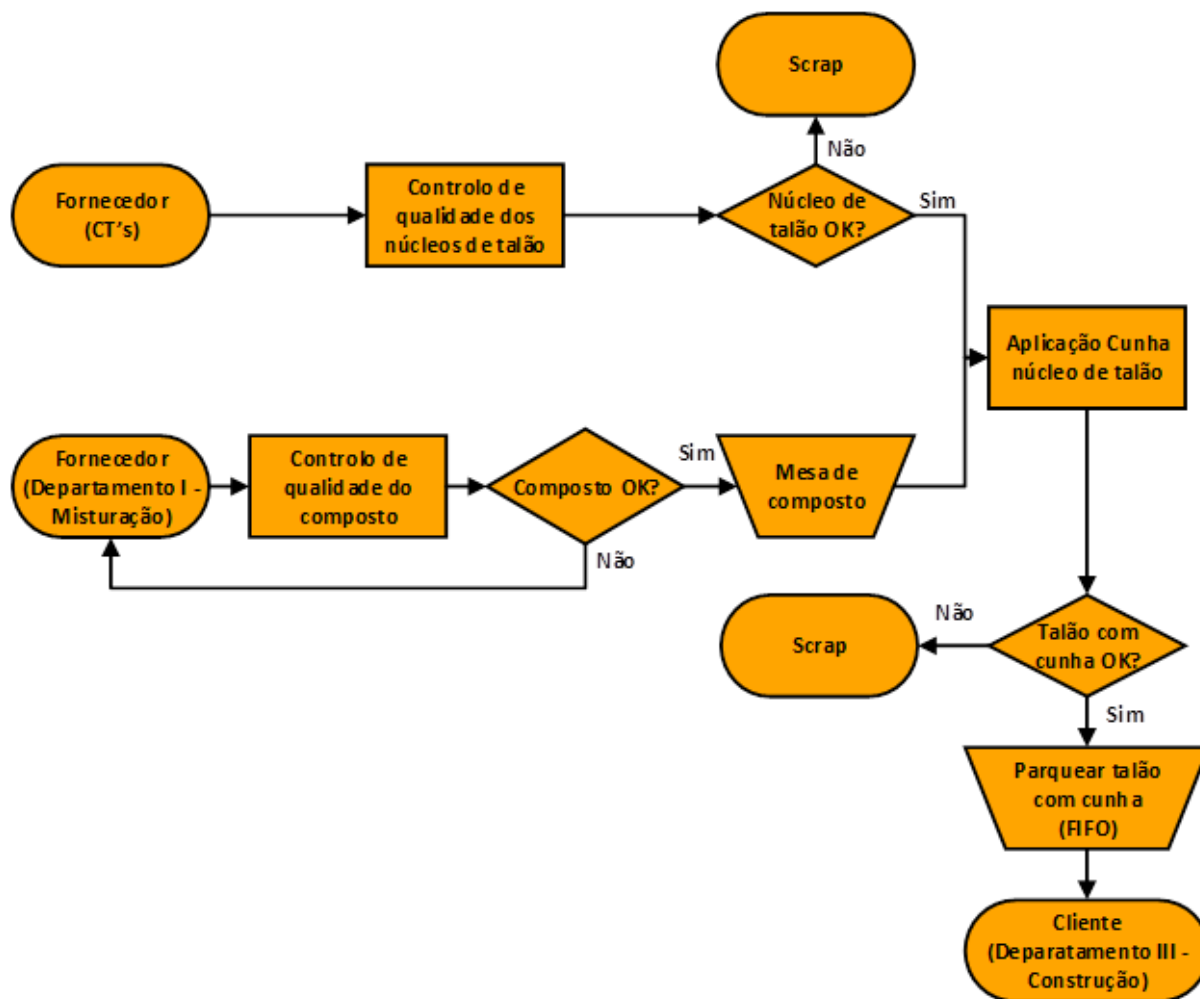


Figura 57 - Fluxo de materiais na secção de aplicação cunha núcleos de talão

As máquinas responsáveis pelo processo de aplicação cunha núcleo estão localizadas no Departamento II – Preparação (Anexo I – Layout do sistema produtivo da CMIP). Esta secção é composta por doze máquinas, que apresentam um funcionamento semelhante, sendo que é possível dividir as máquinas em três grupos, as máquinas que só produzem entre jante 14” e jante 16”, as máquinas que produzem entre jante 14” e jante 19” e as máquinas que produzem entre jante 16” e jante 21”.

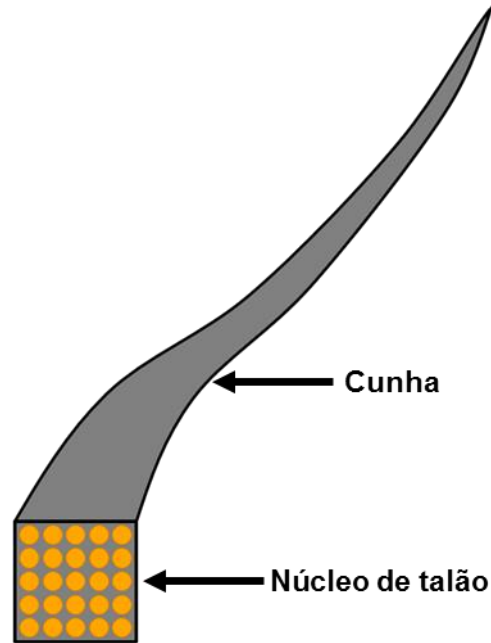


Figura 58 - Perfil do talão com cunha

As matérias-primas utilizadas no processo de aplicação cunha núcleo são as mesas de composto provenientes do Departamento I – Misturação e os núcleos de talão provenientes das do sector de construção de núcleos de talão no Departamento II – Preparação (Figura 59).



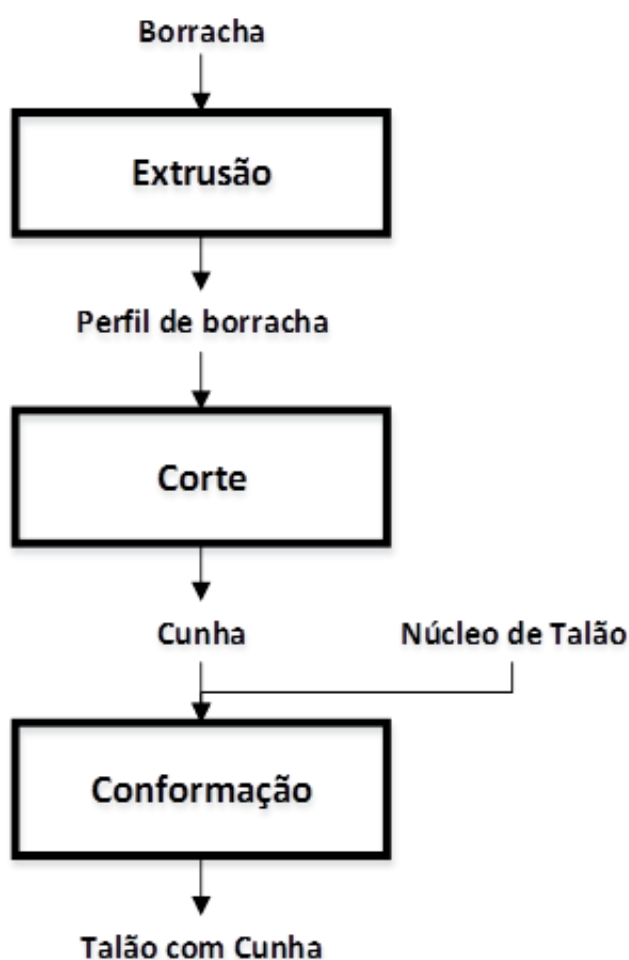
Figura 59 - Mesa de composto e suporte de núcleos de talão

O processo de aplicação cunha núcleo é realizado através de máquinas conhecidas como APEX. Este processo divide-se em 3 subprocessos, nomeadamente a extrusão, o corte e a conformação.

A matéria-prima necessária para o processo de extrusão é a borracha que depois de extrudida resulta um perfil de borracha, ou seja, cunhas unidas.

Depois de extrudido o perfil de borracha segue para o corte, onde este é dividido originando duas cunhas, ou seja, o perfil de borracha é dividido em dois resultados desta divisão duas tiras de cunha.

Para o processo de conformação, é necessário para além da cunha o núcleo de talão. Em cada ciclo da máquina são construídos dois talões com cunha. A cunha enrola no tambor, e os núcleos de talão colocados na posição correta sobre a cunha. Depois são sujeitos a uma contração do tambor que dá a forma final, o talão com cunha (Figura 60).



*Figura 60 - Processo produtivo de aplicação cunha núcleo*

Na Figura 61, é apresentado um esquema das máquinas presentes na área de construção de talões com cunha (aplicação cunha núcleo), onde é possível identificar os componentes mais importantes presentes na máquina para que seja possível a construção de talões com cunha com a qualidade exigida.

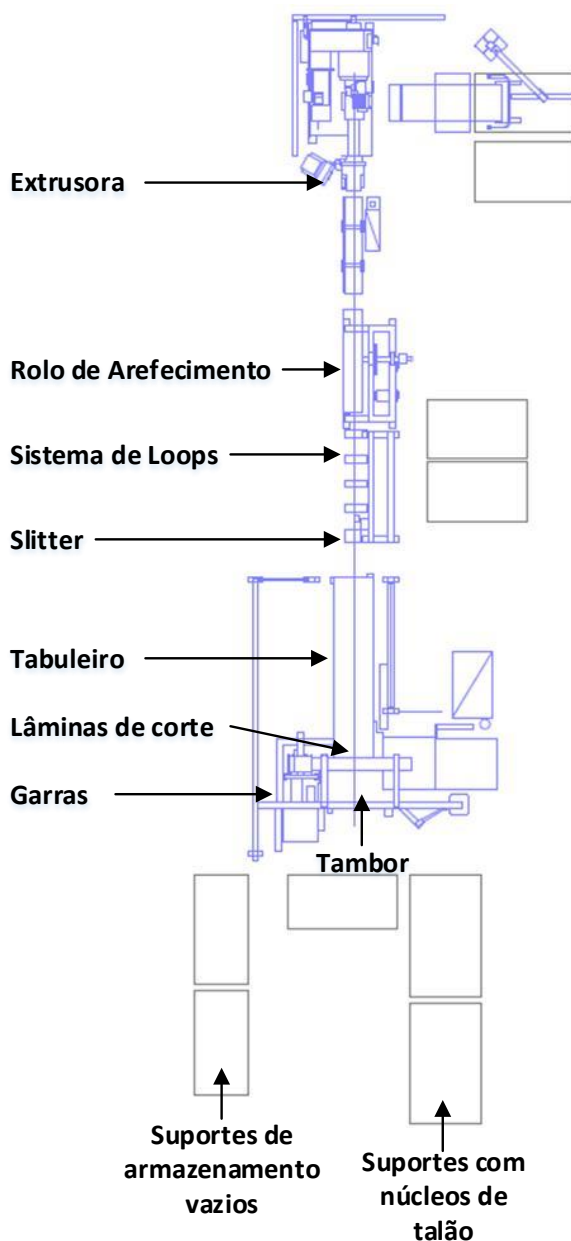


Figura 61 - Esquema representativo de uma APEX

Depois da aplicação cunha núcleo, estes são transferidos para o respetivo suporte de armazenamento, estando os talões separados por “separadores” com a cor da respetiva jante, identificados pelo código atribuído pela empresa.

As características do talão com cunha são definidas pelo núcleo de talão utilizado, pelo composto utilizado na cunha e pela largura da cunha aplicada ao núcleo de talão. São diversas as medidas que podem ser produzidas.

Depois de produzidos os talões com cunha são armazenados no sistema FIFO, seguindo posteriormente para o Departamento III – Construção para serem utilizados.

#### 4.2.1 Setup's

O processo produtivo de aplicação cunha núcleo conta com 3 tipos diferentes de *setup* (Tabela 34) e uma tarefa auxiliar (Mudança de Tambor (Avaria)) que podem ser realizados durante o processo produtivo. Sendo que depois de cada *setup* (com a exceção da mudança de tambor) existe uma troca da medida em produção por outra medida diferente.

Tabela 34 – Setup's – APEX's

<i>Setup's</i>
Mudança de jante
Mudança de cunha sem mudança de composto
Mudança de composto

#### Mudança de jante

A mudança de jante realiza-se quando é necessário produzir medidas com jante diferente da que está a ser produzida. Para efetuar a mudança de jante é necessário um tambor no seu carro de acondicionamento e o carro de suporte à mudança, o qual auxilia os operadores a retirar o tambor antigo e inserir o novo tambor na máquina (Figura 62)



Figura 62 - Carro de acondicionamento de tambores e carro de auxílio a mudança

Os passos seguidos para a mudança de jante são iguais para todas as máquinas, não variando os tempos de mudança de uma máquina mais antiga para uma mais recente (Tabela 35).



Tabela 35 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de Jante nas APEX's

ID	Elementos	Tempo (min)
1	Trazer tambor para a nova corrida no carro de acondicionamento	0,55
2	Trazer carro de auxílio a mudança ao parque	0,40
3	Desapertar tambor da máquina	1,48
4	Retirar tambor da máquina	0,85
5	Colocar novo tambor no carro	0,67
6	Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	0,70
7	Colocar novo tambor na máquina	1,82
8	Apertar parafusos do tambor	1,97
9	Desapertar garras	2,32
10	Procurar garras para a nova corrida	1,07
11	Colocar e aperta novas garras	2,25
12	Ajustar altura do robô de transferência	3,37
13	Ajustar posição das lâminas de corte	1,40
14	Subir tabuleiro	0,48
15	Levar carro de acondicionamento com tambor antigo para o parque	0,50
16	Levar carro de auxílio a mudança ao parque	0,38
17	Iniciar Produção	4,60

Uma mudança de jante nas APEX's, demora 24,80 minutos como se pode observar na Figura 63 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

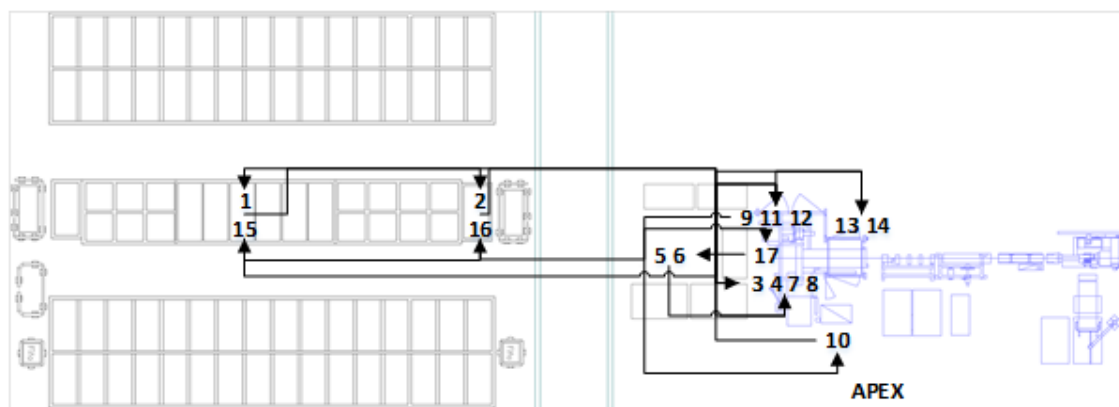


Figura 63 - Mudança de jante – APEX's

### Mudança de cunha sem mudança de composto

A mudança de cunha sem mudança de composto é realizada quando se pretende alterar a largura da cunha em produção. É necessário então alterar a fieira presente na extrusora para que seja possível produzir cunhas com uma maior largura.

Tabela 36 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de cunha sem mudança de composto nas APEX's

ID	Elementos	Tempo (min)
1	Inserir receita no sistema	0,17
2	Retirar fieira do cabeçote da extrusora	0,32
3	Limpar cabeçote da extrusora	0,28
4	Colocar nova fieira no cabeçote	0,27
5	Ligar extrusora	0,10
6	Passar cunha pelo Rolo de Arrefecimento	0,90
7	Passar cunha pelo sistema de <i>loop's</i>	0,85
8	Passar cunha na <i>slitter</i>	0,30
9	Ajustar guias na <i>slitter</i>	0,22
10	Ajustar guias nas lâminas de corte	0,23
11	Ajustar guia a entrada no tambor	0,30
12	Ajustar rolos calcadores	0,17
13	Iniciar Produção	1,37

Uma mudança de cunha sem mudança de composto nas APEX's, demora 5,47 minutos como se pode observar na Figura 64 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

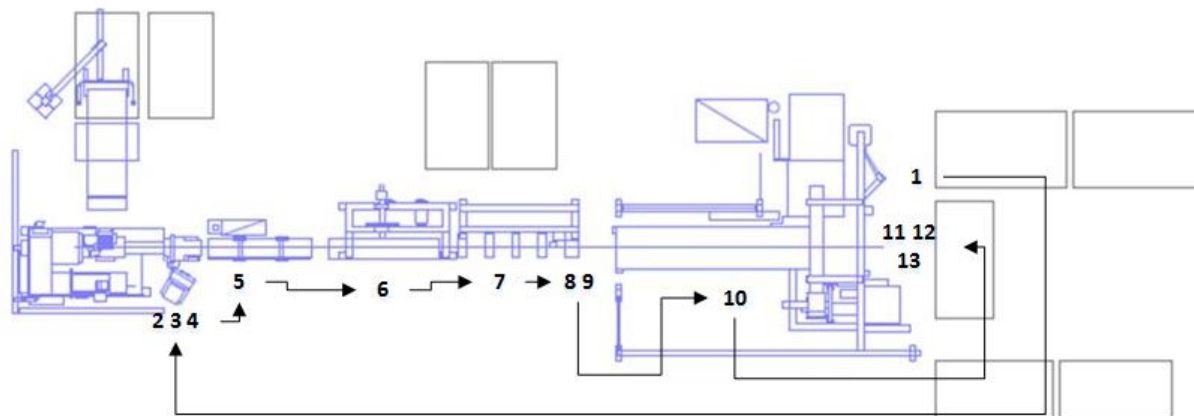


Figura 64 - Mudança de cunha sem mudança de composto – APEX's

### Mudança de composto

A mudança de composto realiza-se quando se pretende que a cunha produzida com um composto diferente do que estava a ser produzido até então.

Tabela 37 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança composto nas APEX's

ID	Elementos	Tempo (min)
1	Cortar tira de composto a entrar na extrusora	0,4
2	Alterar temperatura do rolo de arrefecimento e do sistema de <i>loop's</i>	0,35
3	Retirar mesa de composto e leva até a <i>rack</i> de composto	1,70
4	Levar mesa com o composto para a nova corrida da <i>rack</i> para a máquina	1,35
5	Esvaziar a extrusora até que não tenha composto nenhum dentro dela	7,83
6	Limpar cabeçote	0,58
7	Abastecer extrusora com novo composto	0,55
8	Ligar extrusora	0,2
9	Encher extrusora com novo composto	14,42
10	Passar Cunha pelo Rolo de Arrefecimento	0,9
11	Passar Cunha pelo sistema de <i>loop's</i>	0,85
12	Passar cunha na <i>slitter</i>	0,3
13	Iniciar Produção	2,23

Uma mudança de composto nas APEX's, demora 31,70 minutos como se pode observar na Figura 65 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

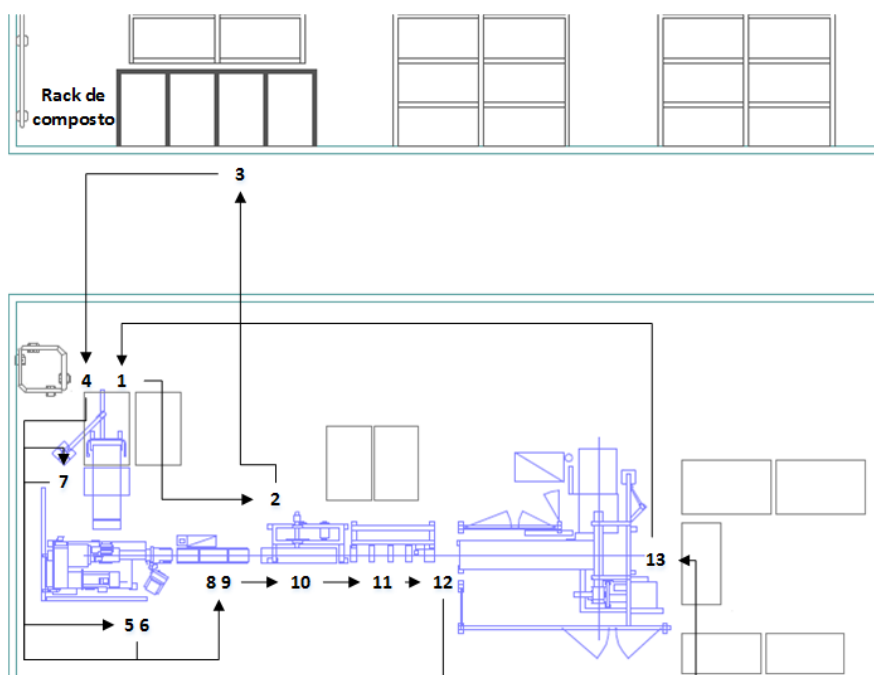


Figura 65 - Mudança de composto – APEX's

### Tarefa Auxiliar - Mudança de tambor (Avaria)

A mudança de tambor realiza-se quando é necessário substituir o tambor que esta na máquina. Não acontece uma troca de artigo, logo não é considerada um *setup*. É necessário proceder a substituição do tambor quando este apresenta algum defeito (furo no diafragma, problema mecânico) que ponha em causa a qualidade do produto final – Talão com cunha. Semelhante a mudança de jante, sendo só necessário efetuar a troca de todo tambor avariado por um reparado.

Tabela 38 - Operações efetuadas durante o setup – Mudança de tambor nas APEX's

ID	Elementos	Tempo (min)
1	Trazer novo tambor no carro de acondicionamento	0,55
2	Trazer carro de auxílio a mudança ao parque	0,40
3	Desapertar tambor da máquina	0,50
4	Retirar tambor da máquina	1,50
5	Colocar novo tambor no carro	0,82
6	Colocar tambor avariado no carro de acondicionamento	0,63
7	Colocar novo tambor na máquina	1,40
8	Apertar parafusos do tambor	1,20
9	Levar carro de acondicionamento com tambor avariado para o <i>tooling</i> <sup>4</sup>	2,08
10	Levar carro de auxílio a mudança ao parque	0,68
11	Iniciar Produção	1,50

Uma mudança de tambor nas APEX's, demora 12,17 minutos como se pode observar na Figura 66 todos os passos e movimentações na realização dessa mudança de *setup*.

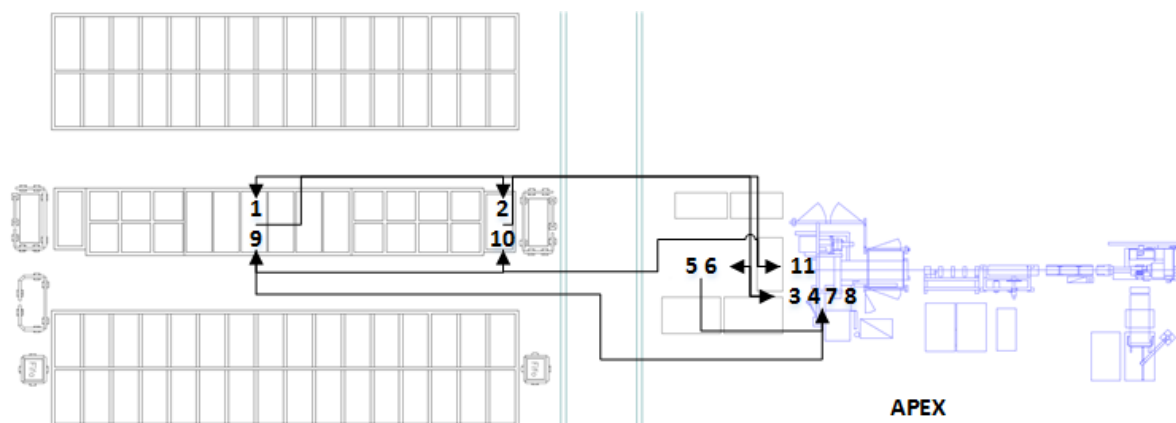


Figura 66 - Mudança de tambor – APEX's

<sup>4</sup> *Tooling* – Departamento responsável pelo concerto das avarias nos tambores das APEX's

4.2.2 Análise das perturbações no decorrer do trabalho

Como já foi referido na análise de perturbações das máquinas de construção de núcleos de talão, as perturbações situações imprevisíveis que impedem o normal funcionamento da máquina, sendo necessária a intervenção no processo. Dependendo do tipo de situação, pode ser o próprio operador a resolver o problema ou em ultimo caso, caso não tenha conhecimentos ou ferramentas para a resolução do mesmo recorrer a pessoal especializado.

Para proceder à análise de perturbações, foi necessário um período de observação nas máquinas para identificar as perturbações inerentes ao processo. O período da amostra é de 8850 minutos de observação, onde foram observadas as perturbações presentes na Tabela 39.

Tabela 39 – Perturbações – APEX's

Perturbações	$\Sigma$ Tempos (min)	%
Problema com impressora	2,83	1%
Ajustar altura do tabuleiro	3,92	2%
Ajustar entrada da cunha (Tambor)	26,58	10%
Ajustar guia de entrada ( <i>Slitter</i> )	18,52	7%
Ajustar altura das garras	4,1	2%
Ajustar guia das lâminas de corte	14,43	6%
Ajustar lâminas de corte	9,33	4%
Ajustar rolo calcador	6,2	2%
Ajustar comprimento da cunha	1,62	1%
Ajustar pressões do tambor	3,63	1%
Máquina aplica só uma cunha	20,88	8%
Tira cunha da máquina ( <i>Rework</i> )	20,37	8%
Encravamento	37,76	15%
Erro de "fusível" (Avança antes de fim de ciclo)	15,48	6%
Scrapar talão com cunha não conforme	14,35	6%
Separar núcleos de talão	3,33	1%
Material Estranho	12,43	5%
Vai buscar suportes de armazenamento	8,73	3%
Autocontrolo	7,32	3%
Abastecer extrusora com composto	4,65	2%
Falta de suportes de armazenamento	13	5%
Intervenção Engenharia (Avaria Mecânica/Elétrica)	9,1	4%

Durante o período de observação foram verificados trinta e um tipos de perturbações nas APEX's. Para melhor interpretação dos resultados foi realizado uma análise de Pareto para verificar quais são as perturbações que têm mais incidência sobre o processo (Figura 67). Como existem três grupos de máquinas, também a incidência das perturbações devem ser diferentes consoante o grupo em que se insere a máquina (Tabela 40).

Tabela 40 – Percentagem de perturbações segundo grupos de máquinas

Máquinas	%Perturbação	Máquinas	%Perturbação	Máquinas	%Perturbação
APEX#01	3,20 %	APEX#05	3,30 %	APEX#10	2,70 %
APEX#02		APEX#07		APEX#12	
APEX#03		APEX#08			
APEX#04		APEX#09			
APEX#06					
APEX#11					

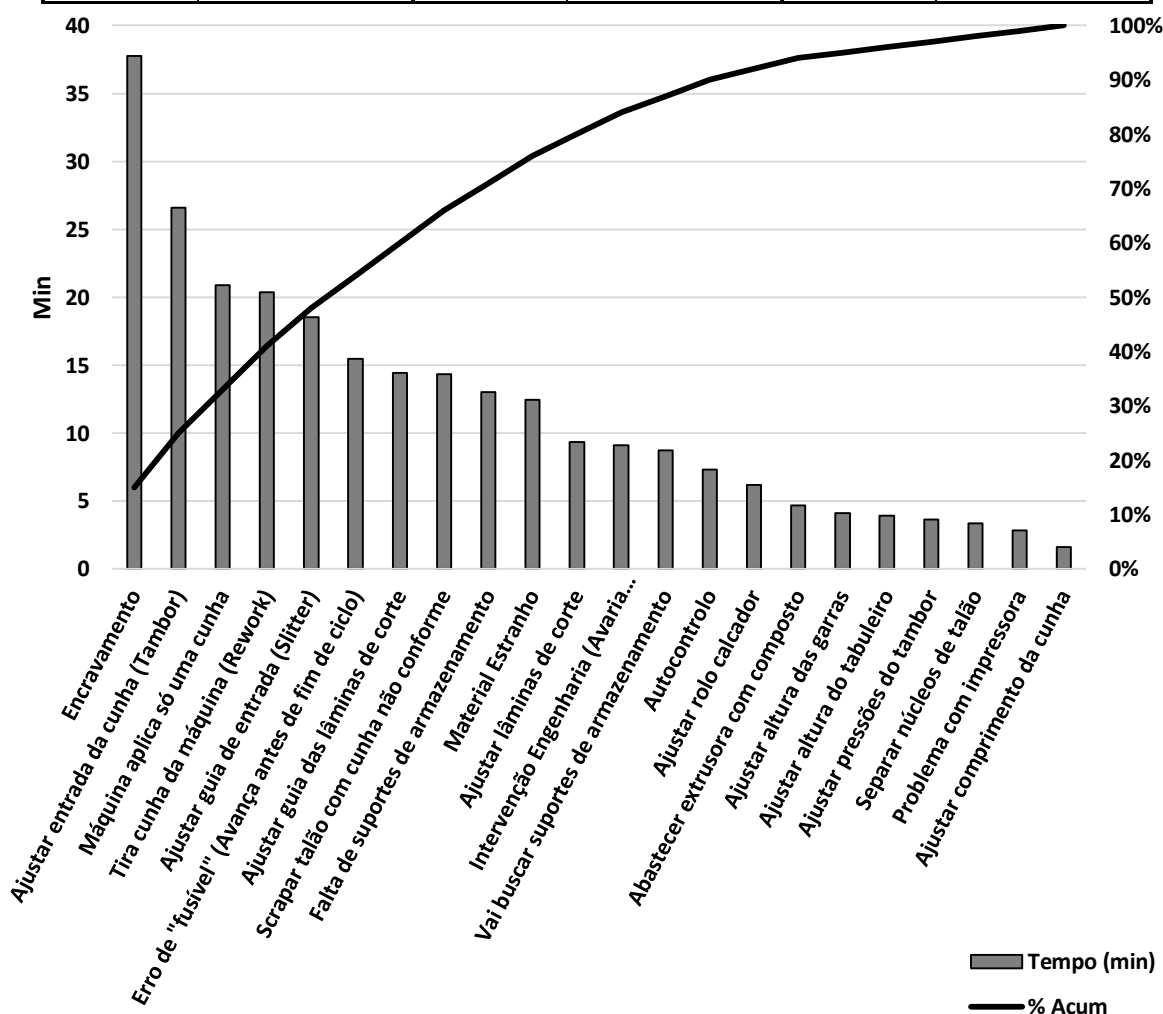


Figura 67 - Diagrama de Pareto – APEX's

Depois de analisados os resultados obtidos do diagrama de Pareto foi realizado um plano de ações para tentar eliminar ou reduzir as perturbações das máquinas (Tabela 41).

Tabela 41 – Plano de ações - Apex

Problema	Ação	Responsável
Ajustar entrada da cunha no tambor	Guias de entrada da cunha novas Sugestão Operador – Continova <sup>5</sup>	João Carvalho
Só avança uma cunha	Avaliação Direção de Engenharia	Direção de Engenharia
Erro de “fusível”	Avaliação Direção de Engenharia	Direção de Engenharia
Encravamentos	Avaliação Direção de Engenharia	Direção de Engenharia

### 4.2.3 Tempos Padrão

O tempo padrão é definido como o tempo necessário que uma máquina ou operador necessitam para executar um processo no fabrico de um produto. Para calcular o tempo padrão é necessário achar todas as variáveis do processo, ou seja, os tempos de ciclo da máquina para as diversas medias, a percentagem de perturbações, a correção fadiga associada ao processo e o descanso definido pela empresa.

No capítulo anterior (4.2.2 Análise das perturbações) é encontrada a percentagem de perturbações para cada grupo de máquinas sabendo assim o tempo disponível para produção é ocupado pelas diversas perturbações que acontecem (Tabela 40).

Quando ao descanso, a CMIP, define que 6% do tempo do turno é para descanso do operador.

A simples realização de uma tarefa exige sempre um dispêndio de um certo esforço para a realização da mesma, mesmo adotando um método mais pratico e eficaz. Por essa razão é necessário obter um tempo para permitir ao operador repousar para recuperar o esforço despendido em certas tarefas. A esse tempo de repouso para recuperar o esforço despendido chama-se de correção de fadiga (Arezes & Costa, 2003). Com base nas variáveis definidas foi atribuída uma classificação para cada uma de forma a obter a correção de fadiga para os operadores das máquinas de aplicação cunha núcleo. (Tabela 18).

---

<sup>5</sup> Continova - Sistema de sugestões de operadores da Continental Mabor

Tabela 42 - Tabela de cálculo da fadiga – APEX's

Variáveis	Pontuação Atribuída
	APEX's
A1 – Força Desenvolvida Média	0
A2 – Posição de Trabalho	4
A3 – Vibrações	0
A4 – Ciclo Curto	0
A5 – Vestuário de Trabalho Incómodo	0
B1 – Concentração/Ansiedade	1
B2 – Monotonia	5
B3 – Esforços Visuais	0
B4 – Ruído	4
C1 – Temperatura e Grau Higrométrico	1
C2 – Ventilação	0
C3 – Fumos e Vapores	0
C4 – Poeira	0
C5 – Sujidade	0
C6 – Humidade	0
<b>Total</b>	<b>15</b>
<b>Correção</b>	<b>12%</b>

Então ao tempo padrão é incluída uma correção de fadiga de 12% para as doze máquinas de aplicação cunha núcleo presentes na secção.

Com a correção de fadiga calculada, para definir o tempo padrão só necessitamos dos tempos de ciclo. O tempo de ciclo é definido como o tempo que se demora a produzir uma peça conforme. No caso das APEX's, o tempo de ciclo é definido pelo tempo que demora a construir um talão com cunha. Para obter um tempo de ciclo mais correto, dividiu-se os tempos observados em nove etapas da construção do talão com cunha, onde estão presentes o tempo de máquina e tempo de homem. O tempo de máquinas é caracterizado por não necessitar do homem para ser realizada a tarefa, enquanto o tempo homem, é o tempo da tarefa no ciclo produtivo do talão com cunha. Com a soma dessas nove etapas é possível obter o tempo de ciclo de cada medida produzida (Figura 68). O *setpoint* apresentado, trata-se de uma ligeira paragem da máquina enquanto esta envia o sinal a confirmar que o tabuleiro já se encontra na



posição inicial. Em algumas medidas o *sepoint* existente, mas é um período tão curto que é impossível obter a duração desse *setpoint*.

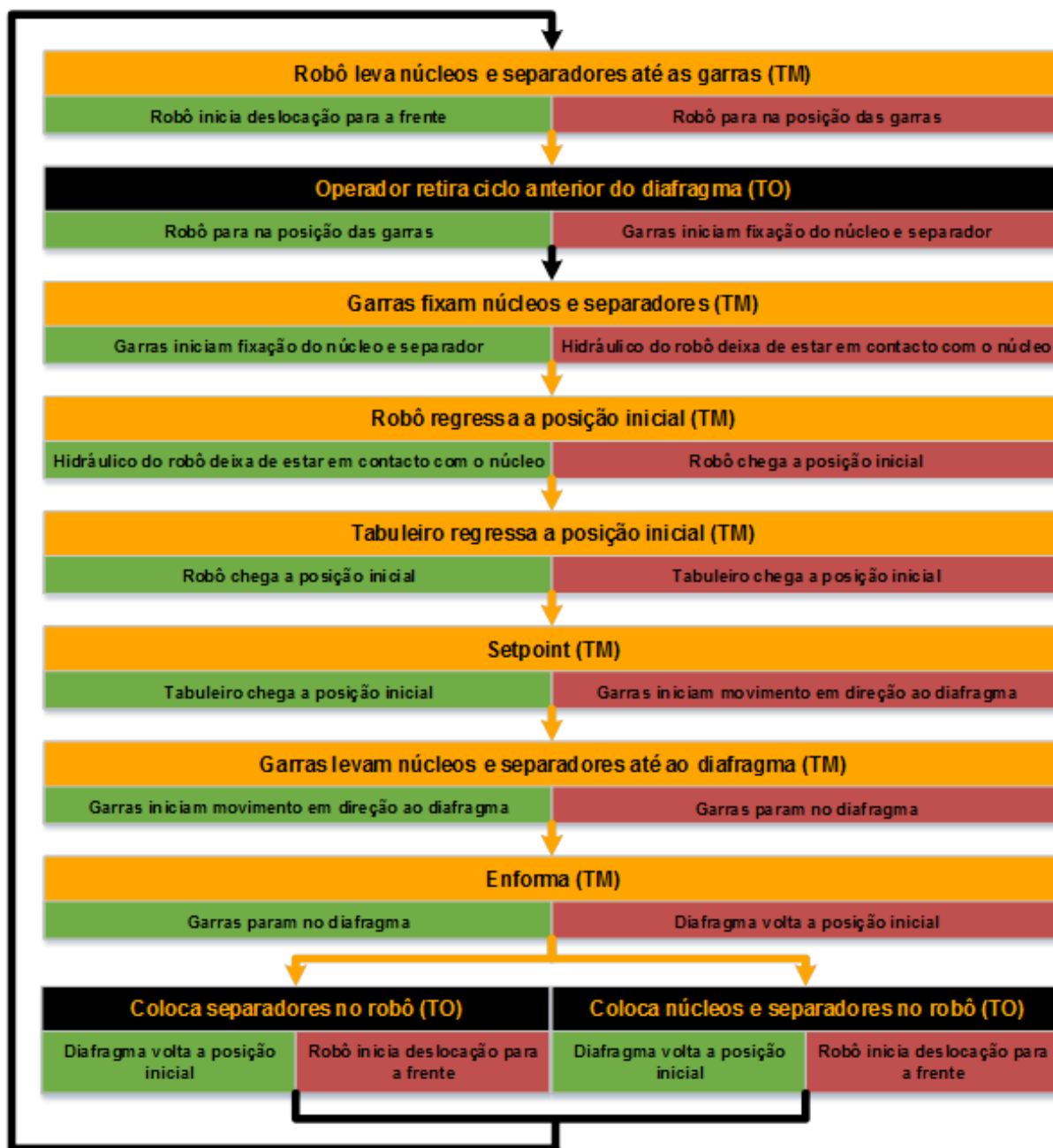


Figura 68 - Pontos de medição do tempo de ciclo – APEX's

Com isto é então possível definir os tempos de ciclo para as diversas medidas nas diferentes máquinas. Na Tabela 43, são apresentados os tempos de ciclo das doze máquinas observadas durante a realização do estudo.

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 43 - Tempos para medidas observadas – APEX's

Máquina	Tempo Ciclo (min)							
	14"	15"	16"	17"	18"	19"	20"	21"
APEX#01	0,100							
APEX#02	0,101	0,103	0,106					
APEX#03		0,095						
APEX#04	0,101	0,096	0,118					
APEX#05			0,094	0,106				
APEX#06		0,115						
APEX#07				0,105				
APEX#08					0,102			
APEX#09		0,103	0,104	0,121	0,115	0,103		
APEX#10						0,114		
APEX#11			0,095					
APEX#12				0,131	0,129	0,127	0,135	0,142

Com isto já nos é possível calcular os tempos padrão para as diversas medidas de talões com cunha produzidos, já que possuímos todas as variáveis necessárias para o cálculo do mesmo (Tabela 44).

Tabela 44 – Tempos padrão para as medidas observadas - APEX's

Máquina	Tempo Ciclo (min)							
	14"	15"	16"	17"	18"	19"	20"	21"
APEX#01	0,122							
APEX#02	0,124	0,127	0,130					
APEX#03		0,117						
APEX#04	0,123	0,118	0,145					
APEX#05			0,115	0,130				
APEX#06		0,141						
APEX#07				0,129				
APEX#08					0,125			
APEX#09		0,126	0,127	0,149	0,141	0,126		
APEX#10						0,140		
APEX#11			0,116					
APEX#12				0,160	0,159	0,155	0,166	0,174

Tal como no cálculo dos tempos padrão para as máquinas de construção de núcleos de talão, existe a necessidade de obter os tempos padrão para todas as medidas produzidas nas máquinas de aplicação cunha núcleo.

Através da análise dos pontos de medição do tempo de ciclo, foi possível identificar que os tempos de máquinas (TM) para cada tipo de jante produzida são semelhantes em todas as máquinas apenas variando no tempo de operador (Tabela 45).

*Tabela 45 – Tempo de máquina por ciclo de respetivo desvio*

Jante	Tempo Máquina/Ciclo (min)	Desvio Padrão (min)
14"	0,083	0,002
15"	0,085	0,003
16"	0,088	0,008
17"	0,093	0,010
18"	0,093	0,012
19"	0,102	0,003
20"	0,113	0,042
21"	0,121	

Tendo os tempos de máquina para cada ciclo, é então necessário definir o tempo de operador para cada ciclo. Definir um tempo de operador é uma fase complicada pois trata-se de uma pessoa, onde o tempo para desempenhar tarefas varia com o a sua moral, a sua vontade para desempenhar determinadas tarefas e p estado da própria máquina. Através da análise dos pontos de medição foi possível obter o tempo mínimo, médio e máximo dos tempos de operador por ciclo por cada máquina da secção (Tabela 46).

*Tabela 46 – Tempos de Operador por ciclo*

Máquina	Tempo operador/Ciclo			Máquina	Tempo operador/Ciclo		
	Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Mínimo	Mínimo
APEX#01	0,016	0,018	0,019	APEX#07	0,014	0,016	0,019
APEX#02	0,013	0,019	0,025	APEX#08	0,014	0,015	0,015
APEX#03	0,015	0,016	0,016	APEX#09	0,007	0,019	0,039
APEX#04	0,009	0,022	0,035	APEX#10	0,010	0,012	0,012
APEX#05	0,006	0,010	0,017	APEX#11	0,009	0,009	0,009
APEX#06	0,026	0,026	0,026	APEX#12	0,017	0,022	0,025

Com isto é então possível obter os tempos para cada medida e para cada máquina, através da união do tempo de máquina ao tempo de operador (Anexo IV – Tempos de Ciclo (APEX)).

Como existe termo de comparação, é possível comparar os tempos obtidos atualmente, com os anteriores (2010) para verificar se existiu ganho de tempo desde a última atualização para os tempos atuais. Para comparar com os tempos obtidos anteriormente foram utilizados os tempos padrão médios obtidos na análise dos tempos nas tabelas anteriores.

Pode-se verificar que, para o grupo de máquinas que só produzem talões com cunha de jante 14” até jante 16”, existe uma redução de cerca de 20% em comparação com os tempos anteriormente obtidos (Tabela 47).

*Tabela 47 – Comparação de Tempos Padrão (14”-16”)*

Jante	Tempo Padrão (min)											
	APEX#01		APEX#02		APEX#03		APEX#04		APEX#06		APEX#11	
	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual
14”	0,127	0,104	0,127	0,105	0,127	0,102	0,127	0,108	0,127	0,113	0,127	0,096
15”	0,135	0,107	0,135	0,108	0,135	0,104	0,135	0,111	0,135	0,115	0,135	0,098
16”	0,143	0,109	0,143	0,110	0,143	0,107	0,143	0,113	0,143	0,118	0,143	0,101

Para o grupo de máquinas que produzem talões com cunha desde jante 14” até jante 16”, existe uma redução de cerca de 26% em comparação com os tempos anteriormente obtidos (Tabela 48).

*Tabela 48 - Comparação de Tempos Padrão (14”-19”)*

Jante	Tempo Padrão (min)							
	APEX#05		APEX#07		APEX#08		APEX#09	
	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual	Anterior	Atual
14”	0,127	0,096	0,127	0,102	0,127	0,101	0,127	0,105
15”	0,135	0,098	0,135	0,105	0,135	0,103	0,135	0,108
16”	0,143	0,101	0,143	0,108	0,143	0,106	0,143	0,111
17”	0,157	0,106	0,157	0,113	0,157	0,111	0,157	0,116
18”	0,163	0,107	0,163	0,113	0,163	0,112	0,163	0,116
19”			0,169	0,123	0,169	0,121	0,169	0,126

O grupo de máquinas que produzem talões com cunha desde jante 16” até jante 21”, apesar de não existir base de comparação para os tempos de jante 21”, existe uma redução de cerca de 35% em comparação com os tempos anteriormente obtidos (Tabela 49).

Tabela 49 - Comparação de Tempos Padrão (16"-21")

Jante	Tempo Padrão (min)			
	APEX#10		APEX#12	
	Anterior	Atual	Anterior	Atual
16"	0,143	0,103	0,143	0,113
17"	0,157	0,108	0,157	0,118
18"	0,163	0,108	0,163	0,119
19"	0,169	0,118	0,169	0,128
20"	0,198	0,129	0,198	0,139
21"	X	0,138	X	0,148

A redução dos tempos deve-se ao facto das máquinas serem alvo de melhorias, de forma a poderem produzir ciclos mais rápidos com a mesma qualidade desta forma é possível justificar a redução de tempos. Pode-se verificar que são as máquinas de jante maior que sofreram uma maior diminuição nos seus tempos, pois tratam-se de jantes maiores e que são mais lentas, então através de intervenções passadas a máquinas consegue-se que estas façam ciclos mais rápidos do que antigamente.

Para o cálculo do tempo padrão dos *setup's*, é necessário conhecer o tempo real do *setup* a fadiga do operador, as perturbações associadas aos *setup's*, e o descanso.

Como não foram observadas quaisquer perturbações durante a realização de *setup's*, é considerado 0% de perturbações, pois não foi identificado qualquer tipo de perturbação associada ao *setup*. Os tempos de *setup* são conhecidos (4.2.1 *Setup's*), as correções de fadiga (Tabela 42) e descanso, é então possível definir os tempos padrão para os *setup's* nas máquinas de construção de núcleos de talão (Tabela 50).

Tabela 50 - Tempos padrão *setup's* – APEX's

<i>Setup's</i>	Tempo (min)
Mudança de jante	29,44
Mudança de tambor (Avaria)	14,45
Mudança de cunha sem mudança de composto	6,49
Mudança de composto	37,63

Pode-se então comparar os tempos obtidos com os que foram obtidos anteriormente (Tabela 51). É possível verificar que, a exceção da mudança de composto, todos os outros tipos de *setup's*, diminuíram o seu tempo necessário para serem efetuados. O *setup* de mudança de composto verifica-se um aumento do tempo para a realização do *setup*, o que se pode justificar pelas características dos compostos utilizados atualmente. Nos restantes *setup's* pode-se verificar que existe uma redução de tempo de execução de 34%, o que pode-se justificar pelos

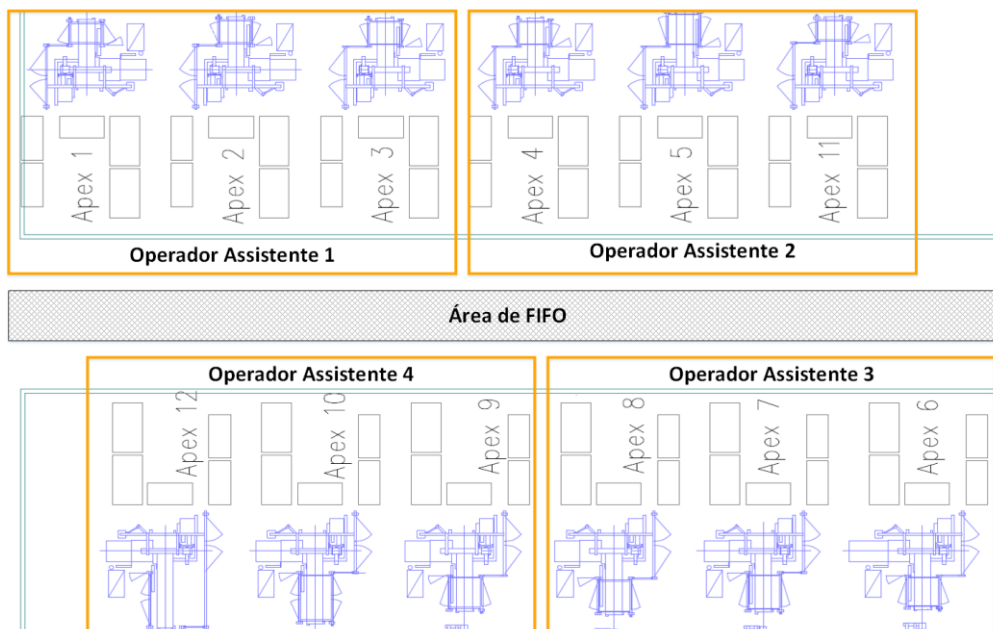
avanços tecnológicos das máquinas de aplicação cunha núcleo, e devido a padronização dos métodos de trabalho, fazendo com que existam menos tempos perdidos durante a execução das mudanças de medida.

*Tabela 51 - Comparação tempos setup antigos (2011) com os tempos atuais – APEX's*

<i>Setup's</i>	<b>Tempo (min)</b>	
	<b>Anterior</b>	<b>Atual</b>
<b>Mudança de jante</b>	33,50	29,44
<b>Mudança de tambor (Avaria)</b>	20,3	14,45
<b>Mudança de cunha sem mudança de composto</b>	16,8	6,49
<b>Mudança de composto</b>	26,29	37,63

#### 4.2.4 Operadores Assistentes

Para aumentar a eficiência do processo de APEX's, existem os operadores assistentes, que auxiliam os operadores das máquinas. A principal função de um operador assistente são as de fazer com que as máquinas não parem, reduzindo assim tempos perdidos, tendo por tarefas principais a abastecer as máquinas com núcleos de talão, mesas de composto e realizar as desdobras<sup>6</sup> das máquinas pelas quais é responsável. Neste momento a área conta com quatro operadores assistentes (Figura 69).



*Figura 69 - Localização dos operadores assistentes por máquinas*

<sup>6</sup> Desdobra – Período de tempo em que o operador principal se ausenta ficando outro operador a operar a máquina

### Análise das perturbações no decorrer do trabalho

Como já foi referido na análise de perturbações analisa situações imprevisíveis que impedem o trabalho normal do operador assistente.

Para proceder a análise de *manning*, primeiramente foi realizada uma análise das perturbações dos operadores assistentes, onde estes foram acompanhados por 1140 minutos, para identificar todas as perturbações adjacentes a este posto de trabalho (Tabela 52).

Tabela 52 – Perturbações Operador Assistente

Perturbações	$\Sigma$ tempos (min)	%
Verificar ordem de produção	3,77	4%
Posicionar suportes de núcleos de talão	4,33	4%
Procurar Fieira	31,13	30%
Falar com supervisor/Colaborador	7,57	7%
Ajustar mesa de composto	5,22	5%
Levar suporte de armazenamento vazio para as CT's	3,00	3%
Scrapar <sup>7</sup> talões	15,25	15%
Procurar por composto	6,00	6%
Levar suporte de armazenamento vazio para as APEX's	0,75	1%
Desdobra não planeada	5,00	5%
Resolver perturbação na APEX	5,62	5%
Levar <i>rework</i> <sup>8</sup> para mesa	5,90	6%
Distribuir ordem pelas máquinas	2,83	3%
Procurar empilhador	5,27	5%
Retificar lugar FIFO	0,70	1%

Foram verificados quinze tipos de perturbações durante o acompanhamento dos operadores assistentes. Para melhor interpretação dos resultados foi realizado uma análise de Pareto para verificar quais são as perturbações que têm mais incidência sobre o processo (Figura 70). Entretanto conclui-se que 10,15% do tempo produtivo é relativo a perturbações.

<sup>7</sup> Scrapar – Ato de separar cunha do núcleo de talão

<sup>8</sup> *Rework* – Borracha proveniente do ato de scrapar talões e posteriormente reaproveitada

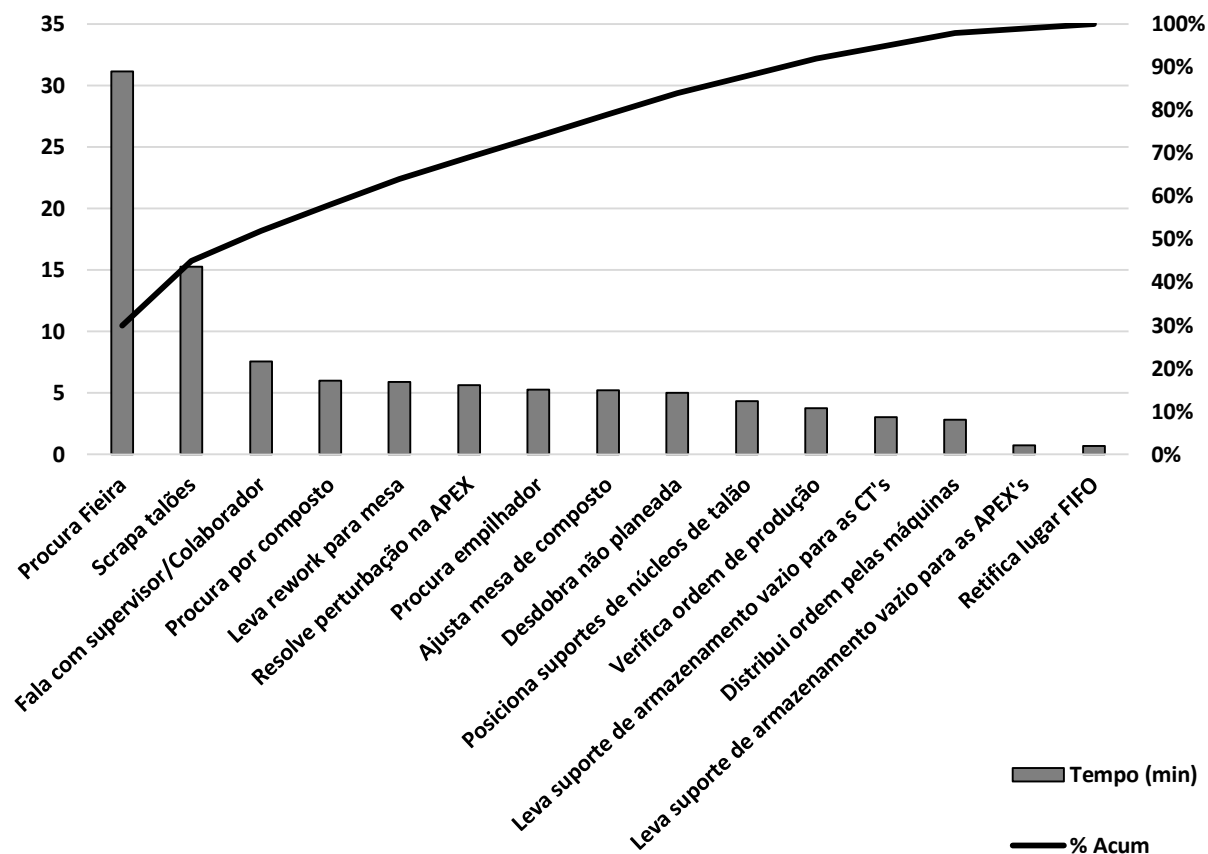


Figura 70 - Diagrama de Pareto – Perturbações Operador Assistente

Depois de analisados os resultados do diagrama de Pareto foi realizado um plano de ações para tentar eliminar, ou reduzir os tempos improdutivo da máquina (Tabela 17).

Tabela 53 – Plano de Ação – CT's

Problema	Ação	Responsável
Procurar Fieiras	5's, Suporte de armazenamento de fieiras	João Carvalho
Scraps Talões	Guias de entrada da cunha novas Sugestão Operador (Continova)	Direção de Engenharia Industrial
Procurar Composto	Rack de composto e marcação de área de composto nas máquinas	Direção de Engenharia Industrial

### Correção de Fadiga

Para realizar a análise de *manning level* é necessário descobrir a correção de fadiga do operador assistente. A simples realização de uma tarefa exige sempre um dispêndio de esforço para a realização da mesma, sendo então necessário obter um tempo para permitir ao operador repousar para recuperar o esforço despendido em certas tarefas. Com base nas variáveis definidas foi atribuída uma classificação para cada uma de forma a obter a correção de fadiga



para os operadores das máquinas de aplicação cunha núcleo (Tabela 54), tendo como resultado um fator de correção de 12%.

Tabela 54 - Tabela de cálculo da fadiga (Operador Assistente)

Variáveis	Pontuação Atribuída
	Operador Assistente
A1 – Força Desenvolvida Média	0
A2 – Posição de Trabalho	6
A3 – Vibrações	0
A4 – Ciclo Curto	0
A5 – Vestuário de Trabalho Incómodo	0
B1 – Concentração/Ansiedade	1
B2 – Monotonia	3
B3 – Esforços Visuais	0
B4 – Ruído	4
C1 – Temperatura e Grau Higrométrico	1
C2 – Ventilação	0
C3 – Fumos e Vapores	0
C4 – Poeira	0
C5 – Sujidade	0
C6 – Humidade	0
<b>Total</b>	<b>15</b>
<b>Correção</b>	<b>12%</b>

### Balanceamento de postos de trabalho

A realização de uma análise de *manning level*, ou balanceamento dos postos de trabalho, tem por objetivo avaliar se o número de operadores assistente é ou não o adequado para que o trabalho decorra com o mínimo de tempos perdidos na secção das máquinas de construção de talões com cunha.

É necessário identificar todas as tarefas realizadas pelo operador assistente durante o período de trabalho e o respetivo tempo para essas tarefas (Tabela 55).

Alem de reduzir os tempos perdidos por abastecer as máquinas com os recursos necessários para construir um talão com cunha, os operadores assistentes são responsáveis por prestar auxílio as mudanças de *setup*, auxiliando os mesmos durante a execução da mesma. São responsáveis por efetuar o autocontrolo no início do turno, de forma a verificar se todos os

recursos a ser utilizados pela máquina correspondem aos requisitados pelo produto a ser produzido bem como verificar o funcionamento das máquinas através do teste do detetor de metais a entrada da borracha para a extrusora. Os operadores assistentes são responsáveis por manter a área da secção limpa e organizada, tendo também como função parquear os suportes de armazenamento de talões com cunha no FIFO e levar os suportes de armazenamento de núcleos de talão vazios para as máquinas de construção de núcleos de talão (CT's).

*Tabela 55 – Tarefas Operador Assistente*

Tarefas auxiliares		Tempo (min)
Auxiliar mudança de feira		2,9
Auxiliar mudança de jante		20,0
Auxiliar mudança de composto		2,2
Auxiliar mudança de tambor (Avaria)		5,7
Autocontrolo (Inicio de Turno)		1,4
Testar detetor de metais		0,2
Abastecer máquina com suportes de armazenamento de núcleos de talão		0,8
Abastecer extrusora com composto		0,5
Abastecer máquina com mesa de composto		1,2
Autocontrolo (Troca de Medida)		0,7
Parquear suportes de armazenamento com talões com cunha		0,4
Desdobra (Lanche)		17,4
Desdobra (Almoço)		43,5
Levar suportes de armazenamento vazios as CT's		0,2
Inventario (Fim do Turno)	Recolher de <i>Scrap</i> gerado	18,3
	Recolher de borracha Vulcanizada	18,0
	Verificar das produções das máquinas	25,0

De forma a determinar a quantidade de *setup's* que podem acontecer nas máquinas foram analisadas as produções dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de forma a determinar a quantidade de talões com cunha necessários serem produzidos para que *setup* aconteça (Tabela 56). Ou seja, depois de a construção de um determinado número de talões com cunha, é provável que aconteça a alteração de artigo.

*Tabela 56 - Número de talões com cunha necessário para existir uma mudança de setup*

Máquina	Talões com cunha construídos			
	Mudança de jante	Mudança de tambor (Avaria)	Mudança de cunha sem mudança de composto	Mudança de composto
<b>APEX#1</b>	436186	33553	1766	1766
<b>APEX#2</b>	5999	128981	1292	1292
<b>APEX#3</b>	457752	83228	1195	1195
<b>APEX#4</b>	78328	55948	903	903
<b>APEX#5</b>	35509	45372	956	956
<b>APEX#6</b>	368402	66982	23025	23025
<b>APEX#7</b>	7922	57888	920	920
<b>APEX#8</b>	45761	51481	814	814
<b>APEX#9</b>	10845	80733	959	959
<b>APEX#10</b>	2963	141021	759	759
<b>APEX#11</b>	120577	55651	20670	20670
<b>APEX#12</b>	2181	90371	679	679

Com tudo isto é possível determinar o número de ocorrências de mudanças de setup, para uma produção diária de 55.000 pneus, nas doze máquinas e determinar o número de operadores assistentes necessários para que o existam o mínimo de tempos perdidos nessas máquinas (Tabela 57).

Na Tabela 58, é apresentado o número de operadores assistentes por cada uma das máquinas. Através da análise dos resultados é possível verificar que são necessários 5 (4,04) operadores assistentes para que o trabalho decorra na normalidade.

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 57 - Tarefas dos operadores assistentes e ocorrências (55.000 pneus)

Tarefa	Tempo (min)	Ocorrências											
		APEX#1	APEX#2	APEX#3	APEX#4	APEX#5	APEX#6	APEX#7	APEX#8	APEX#9	APEX#10	APEX#11	APEX#12
Auxiliar mudança de feira	2,9	1,73	2,37	2,56	3,38	3,20	0,13	3,32	3,75	3,19	4,03	0,15	4,50
Auxiliar mudança de jante	20,0	0,01	0,51	0,01	0,04	0,09	0,01	0,39	0,07	0,28	1,03	0,03	1,40
Auxiliar mudança de composto	2,2	0,89	0,62	1,51	1,77	1,25	0,00	2,00	2,17	1,22	1,98	0,00	2,09
Auxiliar mudança de tambor (Avaria)	5,7	0,09	0,02	0,04	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,05	0,03
Autocontrolo (Inicio de Turno)	1,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Testar detetor de metais	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abastecer máquina com suportes de armazenamento de núcleos de talão	0,8	8	8	8	7	8	7	7	8	7	7	8	6
Abastecer extrusora com composto	0,5	0,31	0,32	0,35	0,31	0,40	0,30	0,45	0,41	0,39	0,39	0,38	0,35
Abastecer máquina com mesa de composto	1,2	1,54	1,62	1,76	1,57	1,99	1,48	2,23	2,06	1,95	1,97	1,89	1,75
Autocontrolo (Troca de Medida)	0,7	4	5	5	6	5	1	7	7	6	8	2	9
Parquear suportes de armazenamento com talões com cunha	0,4	15	15	16	13	16	13	14	15	14	14	16	12
Desdobra (Lanche)	17,4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Desdobra (Almoço)	43,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Levar suportes de armazenamento vazios as CT's	0,2	8	8	8	7	8	7	7	8	7	7	8	6
<b>Inventario (Fim do Turno)</b>													
Recolher de Scrap gerado	18,3												
Recolher de borracha Vulcanizada	18,0												
Verificar das produções das máquinas	25,0												

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 58 – Manning de operadores assistentes necessários para a secção de construção de talões com cunha

<b>Duração do turno</b>	480 min
<b>Almoço</b>	40 min
<b>Tempo disponível</b>	440 min
<b>Descanso</b>	6%

	APEX#1	APEX#2	APEX#3	APEX#4	APEX#5	APEX#6	APEX#7	APEX#8	APEX#9	APEX#10	APEX#11	APEX#12
<b>Perturbações</b>	10,5%											
<b>Fadiga</b>	12%											
<b>Tempo Ocupado</b>	98,59	99,34	99,93	98,11	100,21	94,73	99,98	101,20	98,98	100,31	98,14	98,84
<b>Setup's</b>	7,65	18,57	11,09	14,83	14,19	0,82	22,05	17,34	17,81	36,77	1,25	45,85
<b>Tempo Total Necessário</b>	136,57	148,48	141,77	143,12	145,21	124,69	152,80	149,68	147,26	167,94	129,59	175,10
<b>Manning da Maquina</b>	0,31	0,34	0,32	0,33	0,33	0,28	0,35	0,34	0,33	0,38	0,29	0,40

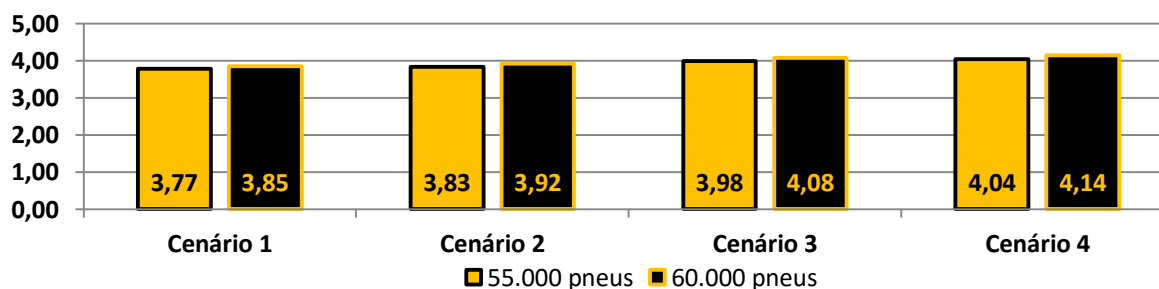
Como é possível verificar na Tabela 57, os tempos de desdobra realizados não correspondem com os tempos que deveriam ocorrer. Os tempos apresentados correspondem aos tempos observados durante o período de acompanhamento aos operadores assistentes. É então necessário realizar uma análise com os tempos que os operadores deveriam cumprir (40 minutos de almoço e 26,4 minutos de descanso) de forma a verificar a diferença entre o número de operadores assistentes necessários. Para realizar essa análise foram utilizadas as variáveis presentes na Tabela 59. Levar suportes de armazenamento vazios as CT's, é utilizada como variável, pois apesar de se tratar de uma responsabilidade dos operadores assistentes manter a área da secção limpa e organizada, esta é uma tarefa realizada muitas vezes pelos operadores das CT's.

*Tabela 59 – Cenários para manning dos operadores assistentes*

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
<b>Levar suportes de armazenamento vazios as CT's</b>	Não	Sim	Não	Sim
<b>Desdobra Almoço</b>	43,5 min		40 min	
<b>Desdobra Lanche</b>	34,7 min		26,4 min	

Na Figura 71, é possível verificar que o cumprimento dos tempos de almoço e dos tempos de descanso tem influencia direta no número de operadores assistentes necessários para a área de construção de talões com cunha, existindo uma redução de cerca de 10%. A não realização da tarefa de levar os suportes de armazenamento vazios para as CT's tem uma influência inferior a 2% no número de operadores assistentes necessários.

É também realizada uma comparação entre o número de operadores assistentes necessários para a construção diária de 55.000 pneus com a construção de 60.000 pneus, sendo este o volume expectável de crescimento para os próximos anos, e pode-se verificar que existe um acréscimo mais de 2%, não sendo então muito relevante. Como se pode verificar, se forem cumpridos os tempos estipulados é necessário o mesmo número de operadores assistentes para cada uma das produções



*Figura 71 - Manning level de operadores assistentes (55.000 pneus diários vs. 60.000 pneus diários)*

## **5. PROPOSTAS DE MELHORIA**

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria, baseadas nas ferramentas *lean manufacturing*, de forma a solucionar problemas encontrados no capítulo anterior. As propostas de melhoria desenvolvidas na presente dissertação visam a implementação da metodologia 5'S, de modo a organizar os postos de trabalho, a aplicação da metodologia SMED, com o intuito de reduzir os tempos de *setup* dos processos, e por último a normalização do trabalho para os processos de construção de núcleos de talão e de aplicação cunha núcleo.

### **5.1 Construção de Núcleos de Talão**

#### **5.1.1 Implementação da Metodologia 5'S**

A implementação dos 5'S, como foi referido no capítulo 2.4.3 Metodologia 5'S, engloba 5 fases fundamentais para a sua implementação. É então numa primeira fase classificar todos os materiais presentes no posto de trabalho de forma a identificar os necessários para realização das tarefas dos não necessários para realização das mesmas. Na segunda fase é necessário limpar e definir regras para o posto de trabalho. De seguida é necessário informar os operados para alterações efetuadas e realizar uma ação de formação para que estas entendam que é necessário manter a zona limpa e arrumada segundo os parâmetros previamente definidos. É então necessária uma monitorização do trabalho dos operadores para que estes cumpram as regras estabelecidas para o efeito. De seguida é apresentada a descrição das atividades realizadas durante a fase de implementação da ferramenta 5'S na área de construção de núcleos de talão.

Na CT#01, encontra-se um armário (Figura 72), onde são colocadas as jantes e os componentes necessários para efetuar a mudança do número de arames na máquina. Nesse armário também pode ser encontrado peças obsoletas, ferramentas necessárias para realização das tarefas dos operadores e lixo. Analisando uma sugestão do sistema de sugestões da CMIP, sobre a aplicação de 5'S ao armário, encontrou-se uma nova solução a proposta pelos operadores, sendo a remoção do armário da secção mais benéfica.



Figura 72 - Armário de arrumação CT#01

Para remover o armário presente seria necessário encontrar lugar para todos os materiais necessários para a realização do trabalho presentes no mesmo. Para isso foi proposto a implementação de um quadro onde as jantes estariam expostas, ficando assim mais fácil a sua identificação por parte de operador (Figura 73).

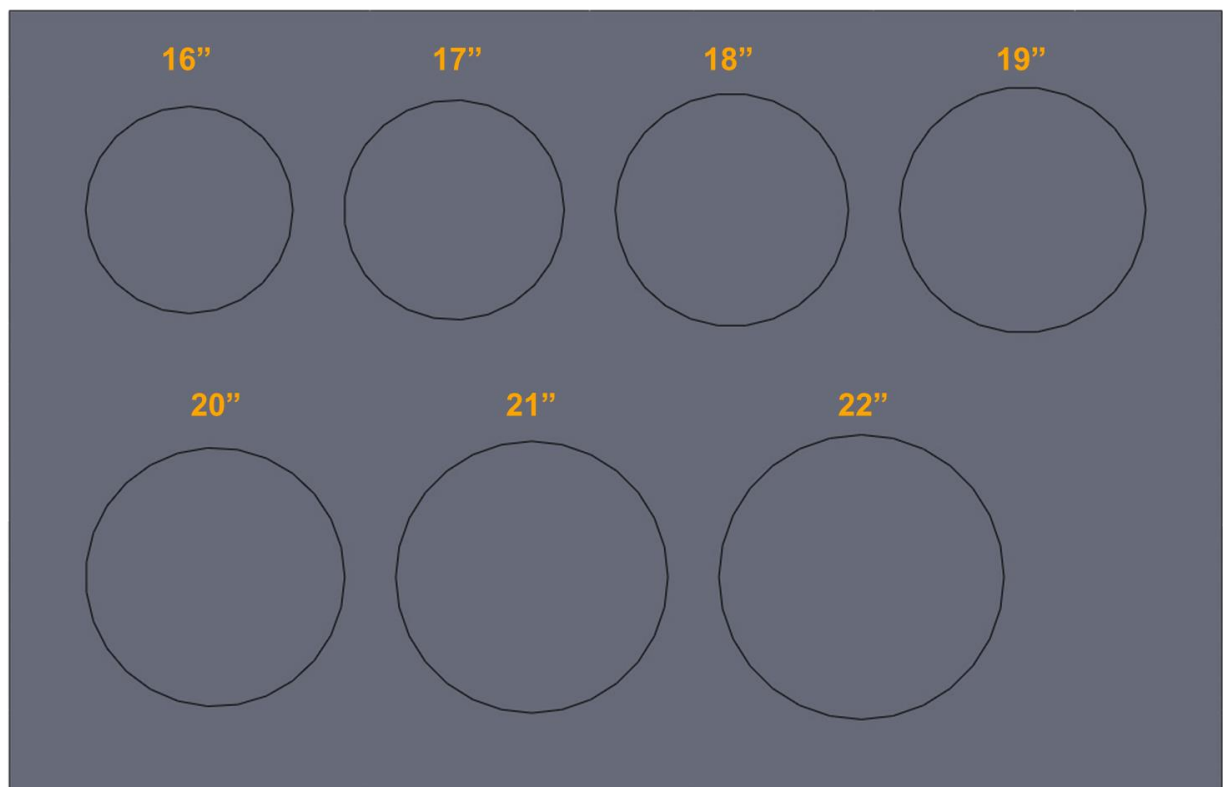


Figura 73 - Quadro para colocação das jantes



No armário presente na CT#01, também estão presentes os componentes necessários para a realização da mudança do número de arames na máquina. Para solucionar esse problema, a solução encontrada a introdução de um “carro de ferramentas” alterado para que pudesse ser possível introduzir nesse mesmo carro todos os componentes necessários para a mudança do número de arames, bem como as ferramentas necessárias para realização das tarefas, eliminando assim os conjuntos de ferramentas que os operadores possuem (Figura 74).



Figura 74 - Caixa de ferramentas dos operadores

Foi então necessária uma análise a todas as ferramentas necessárias para o posto de trabalho (Tabela 60).

Tabela 60 – Ferramentas necessárias para mudanças de setup – CT's

<b>Ferramentas necessárias para mudanças de setup</b>	
Chaves de umbrako	4, 5, 6, 8, 10
Chaves de bocas	12-13,16-17,18-19, 20-21, 22-23, 24-25
Chaves de tubo	10-11
Alicate universal	
Fita métrica	
Chave inglesa	
Chaves de fendas	
Tubo	

Definidas as ferramentas necessárias que deverão ser encontrados no “carro de ferramentas”, é necessário definir quais os componentes e quantidade para a mudança do número de arames que estarão presentes no carro (Tabela 61). Como o estudo é realizado para implementar na CT#01, são apresentados os componentes necessários para CT#01 devendo estes ser alterados consoante a máquina onde for implementado.

Tabela 61 – Componentes e respetiva quantidade para mudança do número de arames

Componentes	7 Talões 2 Arames	4 Talões 5 Arames	3 Talões 6 Arames
Lâminas	3	3	1
Contra Lâminas	3	3	1
Guias 1	2	2	2
Guias 2	2	2	2
Guia de avanço-recuo	1	1	1
Guia de separação	1	1	1
Rolo compressor	1	1	1

Estando todos os materiais necessários estarem presentes no carro de ferramentas são então apresentadas propostas para o tipo de carro que deveria estar presente. A primeira proposta apresentada (Figura 75), consiste num carro de pequenas dimensões com 4 gavetas, onde estariam presentes as ferramentas necessárias na primeira gaveta, e nas restantes os componentes para a mudança do número de arames, divididos segundo o número de arames que representam.

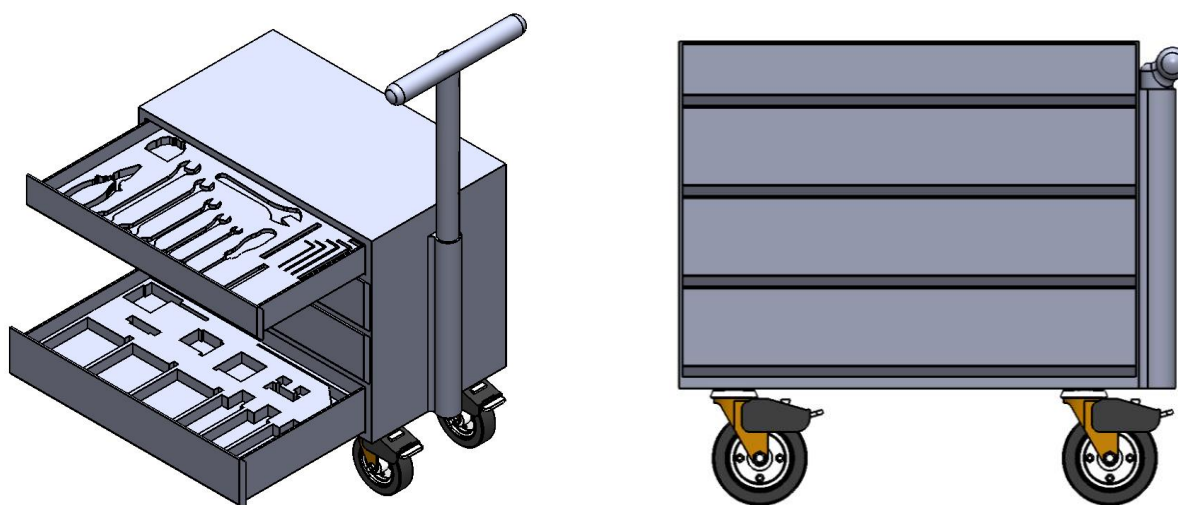


Figura 75 - Primeiro esboço para o carro de ferramentas

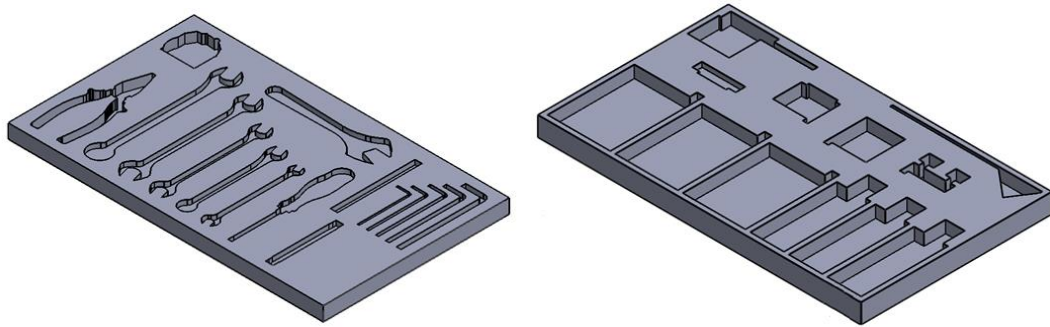


Figura 76 - Interior da gaveta das ferramentas e dos componentes

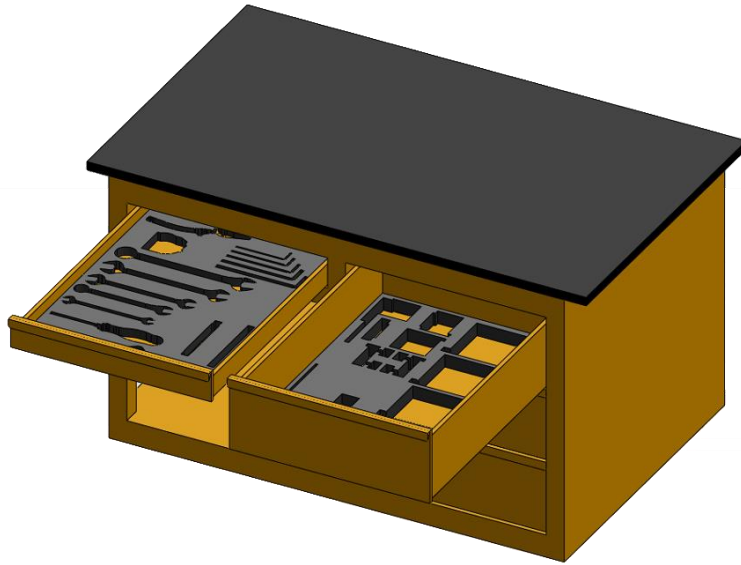
Depois de aprovado o esboço do carro para as ferramentas de componentes das CT's, é necessário procurar soluções para o carro. A construção de um carro deste género envolveria custos avultados, pretendendo então procurar uma solução de baixo custo é necessário realizar uma busca no mercado por carros que se encaixem no perfil do que foi estipulado.

A solução encontrada, que mais se aproxima das características, é um modelo de carro de ferramentas da KaiserKraft (Figura 77).



Figura 77 - Carro de ferramentas (KaiserKraft, 2015)

No entanto a aquisição deste carro de ferramentas, teria que ser sujeito a algumas alterações para que cumpra todos os requisitos propostos, como a aplicação de uma quinta gaveta para colocação das ferramentas, e a substituição das rodas presentes neste carro por umas de menor direção para que este se pudesse movimentar por baixo do *servomat* e da magazine presentes na máquina. Assim foi apresentada uma nova proposta para proceder as alterações no carro (Figura 78)



*Figura 78 - Proposta de adição de uma nova gaveta para colocação das ferramentas*

Assim o carro cumpriria todos os requisitos propostos inicialmente, de conter todos os materiais necessários para realização das tarefas no interior da máquina. Assim procedeu-se a aquisição do carro e efetuaram-se as alterações propostas (Figura 79).



*Figura 79 - Carro com os componentes na CT#01*

Durante a análise do sistema produtivo, verificou-se também uma certa desorganização na área da extrusora, estando as feiras e guias necessárias para a mudança do número de arames sem um sítio concreto para a sua colocação (Figura 80).



Figura 80 - Sítios de colocação de feiras

Para resolução deste problema foi proposta a introdução da metodologia 5'S, fazendo uma alteração ao suporte presente nas máquinas (Figura 81).



Figura 81 - Suporte atual

As alterações pretendidas para esse suporte, seria a introdução de uma gaveta onde estariam disponíveis as ferramentas necessárias para realizar a mudança de arame na extrusora, como o martelo a chaves de fendas e a chaves de Umbrako número 3 e um punção. Sugeriu-se alteração do placard frontal para um placar onde seja possível a colocação das feiras e guias de forma organizada, e por fim a colocação de rodas para que o suporte fosse móvel, assim eliminando os suportes presentes nas máquinas, sendo o novo suporte único para as três máquinas.

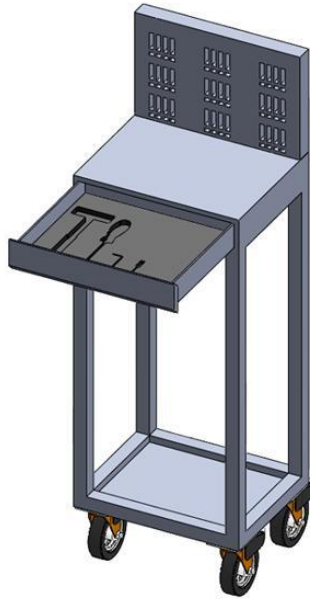


Figura 82 - Proposta de alteração do suporte

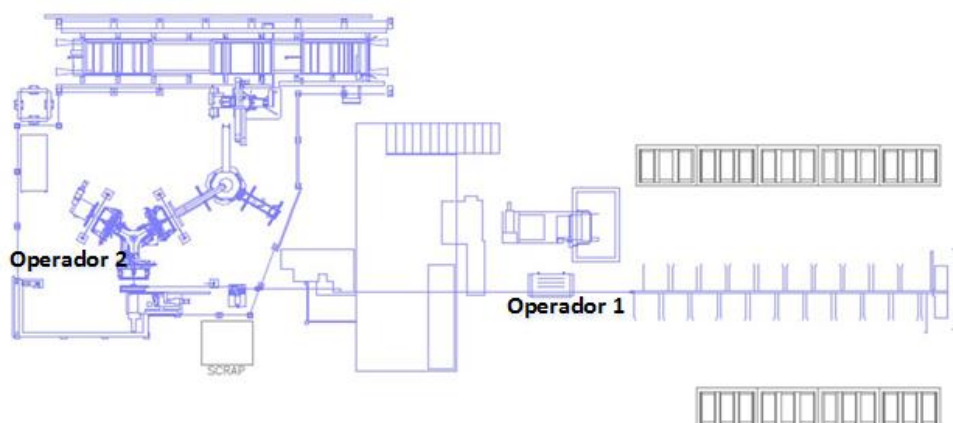
### 5.1.2 Setup's

O tempo de preparação da máquina para mudança de *setup* é um importante fator de competitividade para a empresa, pois influencia diretamente a flexibilidade para se adaptar as variações do mercado. Quanto maior for o tempo de preparação da máquina, maior será os tamanhos dos lotes produzidos. Com isto pretende-se que os *setup's* sejam os mais rápidos possível, de forma a diminuir os tempos perdidos, dando assim flexibilidade a empresa de poder produzir um leque maior de produtos produzidos.

Como foi referido no capítulo 2.4.4 *Single Minute Exchange of Die* (SMED), foi realizado um estudo de forma a reduzir os tempos de *setup* nas máquinas de construção de núcleos de talão. É então realizado o estudo aos *setup's* realizados na secção de forma a concluir que forma se poderia reduzir os tempos de *setup*.

Realizou-se então uma análise às atividades realizadas no decorrer do *setup* de mudança do número de arames, de forma a diferenciar as atividades internas das atividades externas. Conclui-se que as únicas tarefas externas no decorrer do *setup* são procura pelas ferramentas necessárias para a mudança de *setup* e a procura pelos componentes para a mudança, que serão eliminadas pela implementação da metodologia 5'S apresentada no capítulo anterior. Todas as restantes atividades realizadas tratam-se de atividades internas, pois só podem ser realizadas com a máquina parada, sendo impossível converter qualquer uma dessas atividades para uma atividade externa. Então para reduzir o tempo de *setup* conclui-se que a proposta mais indicada seria a de dois operadores realizarem a mudança de *setup*. Um operador ficaria responsável

pelas operações de troca de fieira na extrusora, enquanto o segundo operador ficaria responsável pela substituição dos componentes no interior da máquina.



*Figura 83 - Mudança do número de arames realizada por dois operadores*

Na Tabela 62, é apresentado o um novo método para realizar a mudança do número de arames na CT#01 com dois operadores, o qual permite uma redução em 49% no tempo do *setup*, passando dos 24,7 minutos para os 12,61 minutos.

*Tabela 62 – Mudança do número de arames realizada por 2 operadores – CT#01*

Operador 1		Operador 2	
Elementos	Tempo (min)	Elementos	Tempo (min)
Dirigir-se para o cabeçote da extrusora	0,16	Substituir componentes	9,26
Desapertar cabeçote da extrusora	0,87	Dirigir-se para o computador	0,14
Retirar fieira do cabeçote	1,14	Inserir receita para nova corrida	0,52
Limpar cabeçote	1,6	Ligar extrusora	0,1
Fazer passar pela nova fieira os arames	1,8	Remover excesso de borracha	0,17
Colocar nova fieira com respetiva guia no cabeçote	3,2		
Apertar cabeçote a extrusora	1,2		
Adicionar/Cortar arames	2,3		
Marcar início de nova produção	0,18		
Dirigir-se para o interior da máquina	0,16		
<b>Total</b>	<b>12,61</b>	<b>Total</b>	<b>10,19</b>

Ainda é possível reduzir mais o tempo do *setup* de mudança de número de arames, com a implementação de um novo cabeçote. Este novo cabeçote já é utilizado em outra fábrica do grupo Continental (Figura 84), onde o tempo de mudança de arames é menor, sendo que as tarefas de troca de feira como o novo cabeçote é de cerca de 3 minutos. Com a introdução é possível realizar a mudança de número de arames, como dois operadores, em 10,19 minutos, ou seja, existe um decréscimo de 59% do tempo relativamente ao tempo obtido do método utilizado.

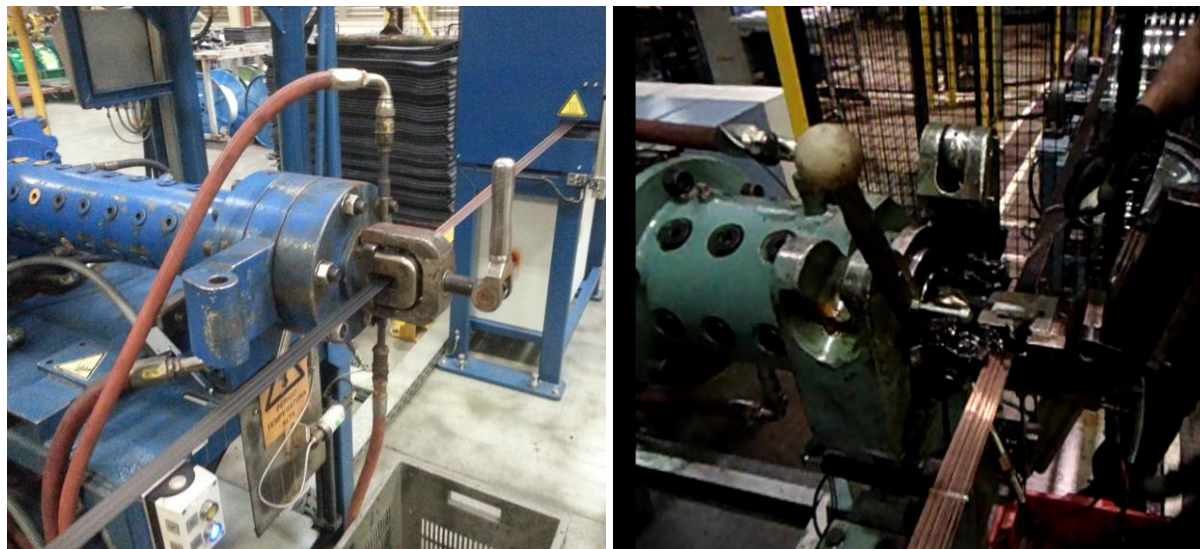


Figura 84 - Cabeçote atual e cabeçote pretendido

Com a adoção deste método pode verificar-se que existe uma redução significativa nos tempos do *setup* de mudança do número de arames (Tabela 63). Com a utilização do cabeçote atual da extrusora s tempos do *setup* são reduzidos em cerca de 42% nas três máquinas, enquanto com a alteração dos cabeçotes e utilizando o mesmo método, os tempos de *setup* são reduzidos em cerca de 61%.

Tabela 63 – Tempos de mudança do número de arames com dois operadores

Máquina	Cabeçote atual	Cabeçote pretendido
CT#01	12,61 min	10,19 min
CT#02	13,83 min	10,70 min
CT#03	13,02 min	6,16 min



### 5.1.3 Overall Equipment Effectiveness – OEE

De forma a avaliar o desempenho das máquinas, é realizada uma análise de desempenho dos equipamentos com base no OEE, sendo desta forma possível verificar o impacto das melhorias propostas anteriormente, no desempenho das máquinas.

Utilizando o método de cálculo referenciado no capítulo 2.4.1 *Overall Equipment Effectiveness – OEE*, é apresentado o OEE das máquinas de construção de talões com cunha, sendo que as perdas por qualidade são de 2% para as máquinas CT#01 e CT#03 e de 3% para a CT#02, dos artigos produzidos pelas máquinas são artigos não conformes, sendo que o OEE médio das máquinas é de 49%, representado na Tabela 64 o OEE das três máquinas.

Tabela 64 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) atual – CT's

Máquina	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
CT#01	86%	57%	98%	49%
CT#02	85%	57%	97%	47%
CT#03	91%	57%	98%	51%

Na Tabela 65, é apresentado os valores para as diversas variáveis para o cálculo do OEE, com a implementação das melhorias propostas. É então possível verificar que a disponibilidade das aumenta, pelo contrário, o índice de desempenho e qualidade permanecem iguais. Na Tabela 66, é apresentada a comparação do OEE atual com o OEE caso sejam implementadas as melhorias propostas.

Tabela 65 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) com a implementação das sugestões sugeridas – CT's

Máquina	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
CT#01	87%	57%	98%	49%
CT#02	86%	57%	97%	48%
CT#03	92%	57%	98%	51%

Tabela 66 – Comparação do OEE atual com o OEE utilizando as melhorias propostas

Máquina	OEE Atual	OEE com Melhorias Propostas
CT#01	49%	49%
CT#02	47%	48%
CT#03	51%	51%

## 5.2 Aplicação de Cunha no Núcleo

### 5.2.1 Setup's

O tempo de preparação da máquina para mudança de *setup* é um importante fator de pois influencia diretamente a flexibilidade para se adaptar as variações do mercado. Com isto pretende-se que os *setup's* sejam os mais rápidos possíveis, de forma a diminuir os tempos perdidos, dando assim flexibilidade a empresa de poder produzir um leque maior de produtos produzidos.

Realizou-se então uma análise as atividades realizadas no decorrer do *setup* existentes nas máquinas de aplicação cunha núcleo, de forma a reduzir os tempos de *setup* destas.

#### Mudança de jante

Para o *setup* de mudança de jante foram analisadas todas as tarefas realizadas no decorrer do mesmo e então classificadas, de forma a determinar quais as tarefas internas e externas (Tabela 67). Posteriormente foram analisadas as tarefas internas, de forma a classificar como tarefa externa, ou seja, uma tarefa realizada enquanto a máquina está a produzir.

Tabela 67 – Identificação de tarefas internas e externas – Mudança de jante

Elementos	Tarefa
Trazer tambor para a nova corrida no carro de acondicionamento	Externa
Trazer carro de auxílio a mudança ao parque	Externa
Desapertar tambor da máquina	Interna
Retirar tambor da máquina	Interna
Colocar novo tambor no carro	Interna
Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	Interna
Colocar novo tambor na máquina	Interna
Apertar parafusos do tambor	Interna
Desapertar garras	Interna
Procurar garras para a nova corrida	Externa
Colocar e aperta novas garras	Interna
Ajustar altura do robô de transferência	Interna
Ajustar posição das lâminas de corte	Interna
Subir tabuleiro	Interna
Levar carro de acondicionamento com tambor antigo para o parque	Externa
Levar carro de auxílio a mudança ao parque	Externa
Iniciar Produção	Interna

Realizada a classificação das diversas tarefas realizadas durante o *setup*, realizou-se um estudo de forma a diminuir o tempo do mesmo. Como a secção onde se encontram as APEX são auxiliadas por operador assistente, é possível colocar este operador a realizar as tarefas externas da máquina. Também é possível que o operador assistente possa realizar tarefas paralelas com o operador da máquina no decorrer do *setup*. Com a utilização deste novo método de realização do *setup*, é possível reduzir o seu tempo em 38%, ou seja, uma mudança de jante nas APEX passara a demorar apenas 15,46 minutos ao invés dos 24,8 minutos que demorar atualmente (Tabela 68).

*Tabela 68 - Mudança de jante realizada por 2 operadores - APEX*

Operador		Operador Assistente	
Elementos	Tempo (min)	Elementos	Tempo (min)
		Trazer tambor para a nova corrida no carro de acondicionamento	0,55
		Trazer carro de auxílio a mudança ao parque	0,4
Desapertar tambor da máquina	1,48	Procurar garras para a nova corrida	0,54
Retirar tambor da máquina	0,85	Retirar tambor da máquina	0,85
Colocar novo tambor no carro	0,67	Colocar novo tambor no carro	0,67
Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	0,7	Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	0,7
Colocar novo tambor na máquina	1,82	Colocar novo tambor na máquina	1,82
Apertar parafusos do tambor	1,97	Desapertar garras	2,32
Ajustar altura do robô de transferência	3,37	Colocar e aperta novas garras	2,25
		Ajustar posição das lâminas de corte	1,4
		Subir tabuleiro	0,48
Iniciar Produção	4,6	Levar garras para o suporte	0,54
		Levar carro de acondicionamento com tambor antigo para o parque	0,5
		Levar carro de auxílio a mudança ao parque	0,38
<b>Total</b>	<b>15,46</b>	<b>Total</b>	<b>13,40</b>

**Tarefa auxiliar - Mudança de tambor (Avaria)**

A tarefa de mudança de tambor é em muito semelhante a mudança de jante, este caso é só substituído a também máquina devido a avaria do mesmo. É possível utilizar o mesmo método utilizado na mudança de jante, onde o operador assistente realizava todas as operações externas auxiliava nas tarefas internas do *setup*.

A utilização deste novo método para a realização da mudança de tambor (Tabela 69) faz com que o tempo de *setup* reduza em 38%, ou seja passando dos 12,17 minutos anteriormente obtidos para os 7,55 minutos.

Tabela 69 – Mudança de tambor realizada por 2 operadores – APEX

Operador		Operador Assistente	
Elementos	Tempo (min)	Elementos	Tempo (min)
		Trazer tambor para a nova corrida no carro de acondicionamento	0,55
		Trazer carro de auxílio a mudança ao parque	0,4
Desapertar tambor da máquina	0,5		
Retirar tambor da máquina	1,5	Retirar tambor da máquina	0,85
Colocar novo tambor no carro	0,82	Colocar novo tambor no carro	0,67
Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	0,63	Colocar tambor antigo no carro de acondicionamento	0,7
Colocar novo tambor na máquina	1,4	Colocar novo tambor na máquina	1,82
Apertar parafusos do tambor	1,2	Levar carro de acondicionamento com tambor avariado para o <i>tooling</i>	2,08
Iniciar Produção	1,5	Levar carro de auxílio a mudança ao parque	0,68
<b>Total</b>	<b>7,55</b>	<b>Total</b>	<b>7,75</b>

### Mudança de cunha sem mudança de composto

A execução do *setup* de mudança de cunha sem mudança de composto, consiste num *setup* constituído apenas por tarefas internas. Mas através da observação da execução do mesmo, é possível verificar que é possível transformar algumas das tarefas internas em tarefas externas, isto pois é possível colocar o operador assistente a realizar tais operações, visto que a máquina também permite que isso aconteça.

É apresentada na Tabela 70 a classificação das tarefas do *setup* de mudança de cunha sem mudança de composto. É possível transformar as tarefas internas em externas através da utilização do sistema de *loop's*. É possível realizar isso pois o sistema de *loop's* funciona como um acumulador de material, então é possível ao operador assistente realizar a substituição da fieira na extrusora, enquanto o operador da máquina continua a produzir, visto que o sistema de *loop's* contem material para que a máquina continue a produzir.

Tabela 70 - Identificação de tarefas internas e externas – Mudança de cunha sem mudança de composto

Elemento	Tarefa
Inserir receita no sistema	Interna
Retirar fieira do cabeçote da extrusora	Externa
Limpar cabeçote da extrusora	Externa
Colocar nova fieira no cabeçote	Externa
Ligar extrusora	Externa
Passar Cunha pelo Rolo de Arrefecimento	Externa
Passar Cunha pelo sistema de <i>loop's</i>	Externa
Passar cunha na <i>slitter</i>	Interna
Ajustar guias na <i>slitter</i>	Interna
Ajustar guias nas lâminas de corte	Interna
Ajustar guia a entrada no tambor	Interna
Ajustar rolos calcadores	Interna
Iniciar Produção	Interna

Com a utilização deste novo método de realização da mudança de cunha sem mudança de composto, realizada por dois operadores, é possível reduzir o tempo de *setup* em 34%, passando dos anteriores 5,47 minutos para os 3,61 minutos.

Tabela 71 – Mudança de cunha sem mudança de composto realizada por 2 operadores - APEX

Operador		Operador Assistente	
Elementos	Tempo (min)	Elementos	Tempo (min)
		Retirar fieira do cabeçote da extrusora	0,32
		Limpar cabeçote da extrusora	0,28
		Colocar nova fieira no cabeçote	0,27
		Ligar extrusora	0,1
		Passar Cunha pelo Rolo de Arrefecimento	0,9
Inserir receita no sistema	0,17		
Passar Cunha pelo sistema de <i>loop's</i>	0,85		
Passar cunha na <i>slitter</i>	0,3		
Ajustar guias na <i>slitter</i>	0,22		
Ajustar guias nas lâminas de corte	0,23		
Ajustar guia a entrada no tambor	0,3		
Ajustar rolos calcadores	0,17		
Iniciar Produção	1,37		
<b>Total</b>	<b>3,61</b>	<b>Total</b>	<b>1,87</b>

### 5.2.2 Operadores Assistentes

De forma a eliminar a o desperdício de tempo despendido pelos operadores assistentes na procura por fieiras necessárias colocar na máquina para efetuar a troca de cunha, foi proposta a aplicação da metodologia 5's. No momento do estudo existem dezassete fieiras, que são necessárias para produzir todas as medidas de talões com cunha.

Para isso foi realizada uma análise ABC, método utilizado para classificação de informações, para que seja separado os itens de maior impacto do que normalmente tem menor impacto. Trata-se de uma classificação estatística baseada no princípio de Pareto, onde se considera a importância dos recursos, baseando-se nas suas quantidades e no seu valor(Carvalho, 2002).

Neste caso concreto pretende-se saber qual a fieira mais relevante para o processo produtivo através da análise das produções (de janeiro até março) das máquinas de aplicação cunha núcleo.

Através da análise da curva ABC (Figura 85), a feira de maior importância presente na secção, trata-se da feira CT-1140.

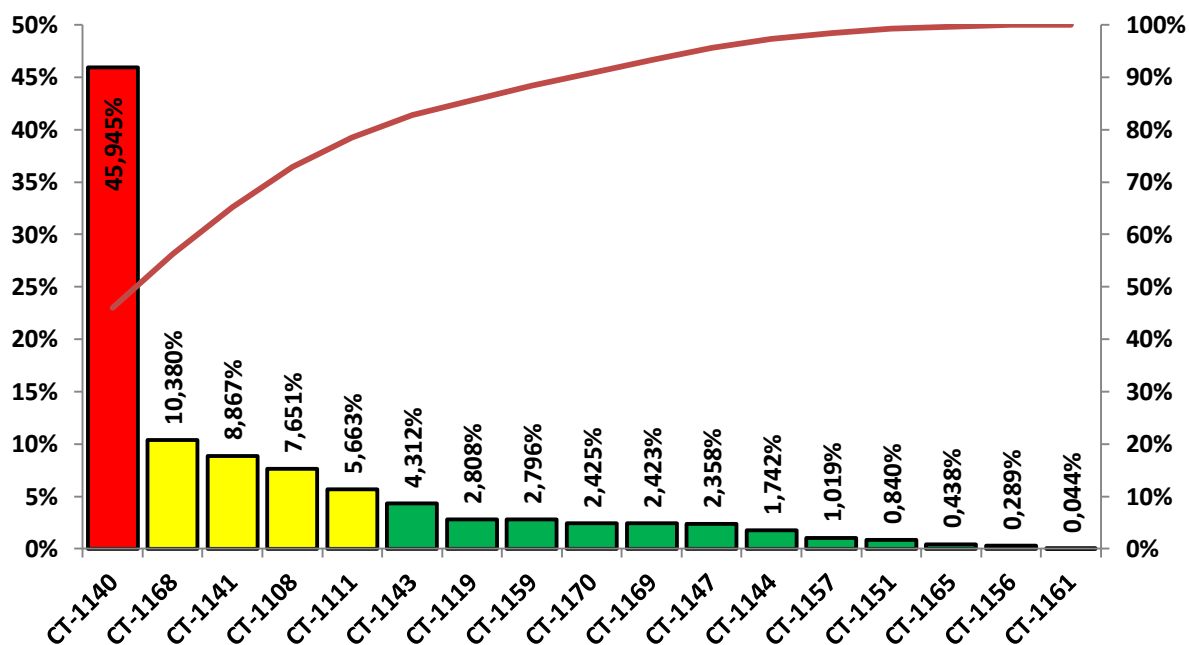


Figura 85 - Curva ABC – Feiras APEX

De forma a reduzir os tempos perdidos pelos operadores na procura de feiras, é proposto que sejam alocadas as máquinas duas das feiras que têm maior impacto na máquina. As feiras alocadas na máquina estariam num suporte (Figura 86) próprio para colocação das mesmas com quatro espaços livres, sendo dois deles para colocação das feiras alocadas e os restantes para que os operadores assistentes coloquem outras feiras que possam vir a ser necessárias para a normal produção da máquina.

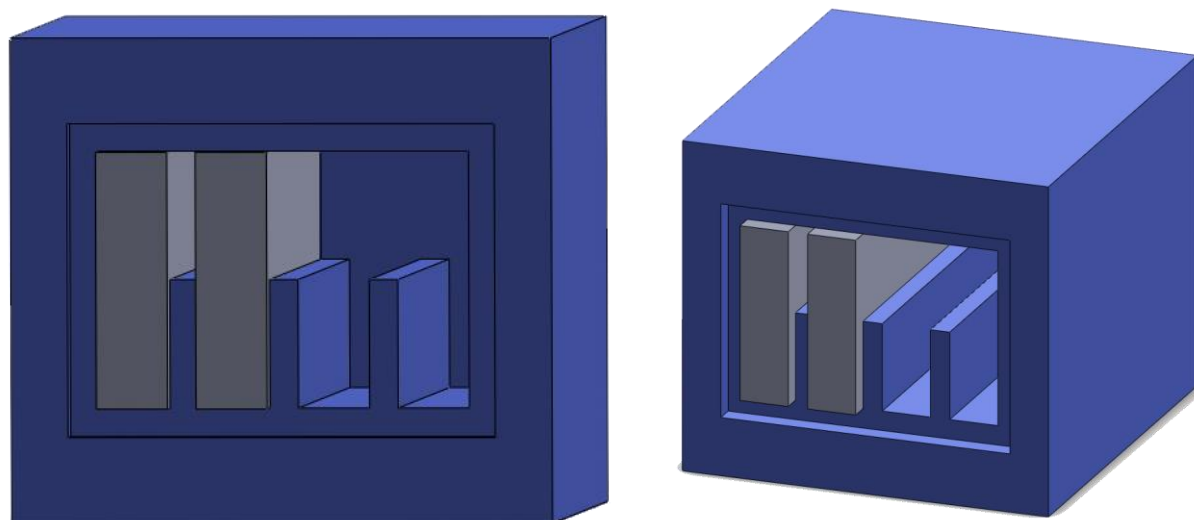


Figura 86 - Suporte de feiras para as máquinas - APEX

Com a análise das produções das máquinas de aplicação cunha núcleo, é apresentada na Tabela 72, a proposta para alocação das feiras por máquina, apresentando respectivamente a percentagem de utilização das mesmas na máquina.

Tabela 72 – Alocação de feiras a máquina

<b>APEX#1</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	CT-1168
	<b>%Utilização</b>	80%	11%
<b>APEX#2</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	CT-1141
	<b>%Utilização</b>	46%	20%
<b>APEX#3</b>	<b>Fieira</b>	CT-1168	CT-1141
	<b>%Utilização</b>	37%	21%
<b>APEX#4</b>	<b>Fieira</b>	CT-1169	CT-1140
	<b>%Utilização</b>	31%	25%
<b>APEX#5</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	CT-1141
	<b>%Utilização</b>	43%	20%
<b>APEX#6</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	
	<b>%Utilização</b>	97%	
<b>APEX#7</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	CT-1151
	<b>%Utilização</b>	49%	14%
<b>APEX#8</b>	<b>Fieira</b>	CT-1144	CT-1143
	<b>%Utilização</b>	29%	22%
<b>APEX#9</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	CT-1144
	<b>%Utilização</b>	36%	25%
<b>APEX#10</b>	<b>Fieira</b>	CT-1144	CT-1143
	<b>%Utilização</b>	27%	18%
<b>APEX#11</b>	<b>Fieira</b>	CT-1140	
	<b>%Utilização</b>	99%	
<b>APEX#12</b>	<b>Fieira</b>	CT-1144	CT-1140
	<b>%Utilização</b>	37%	20%

As feiras não alocadas em máquinas ficariam a estar presentes no suporte de armazenamento de feiras (Figura 87) já presente na secção, efetuando a alteração de identificação das colunas com o nome das feiras para que estas sejam colocadas no sítio correto de forma a melhorar a identificação visual das mesmas.



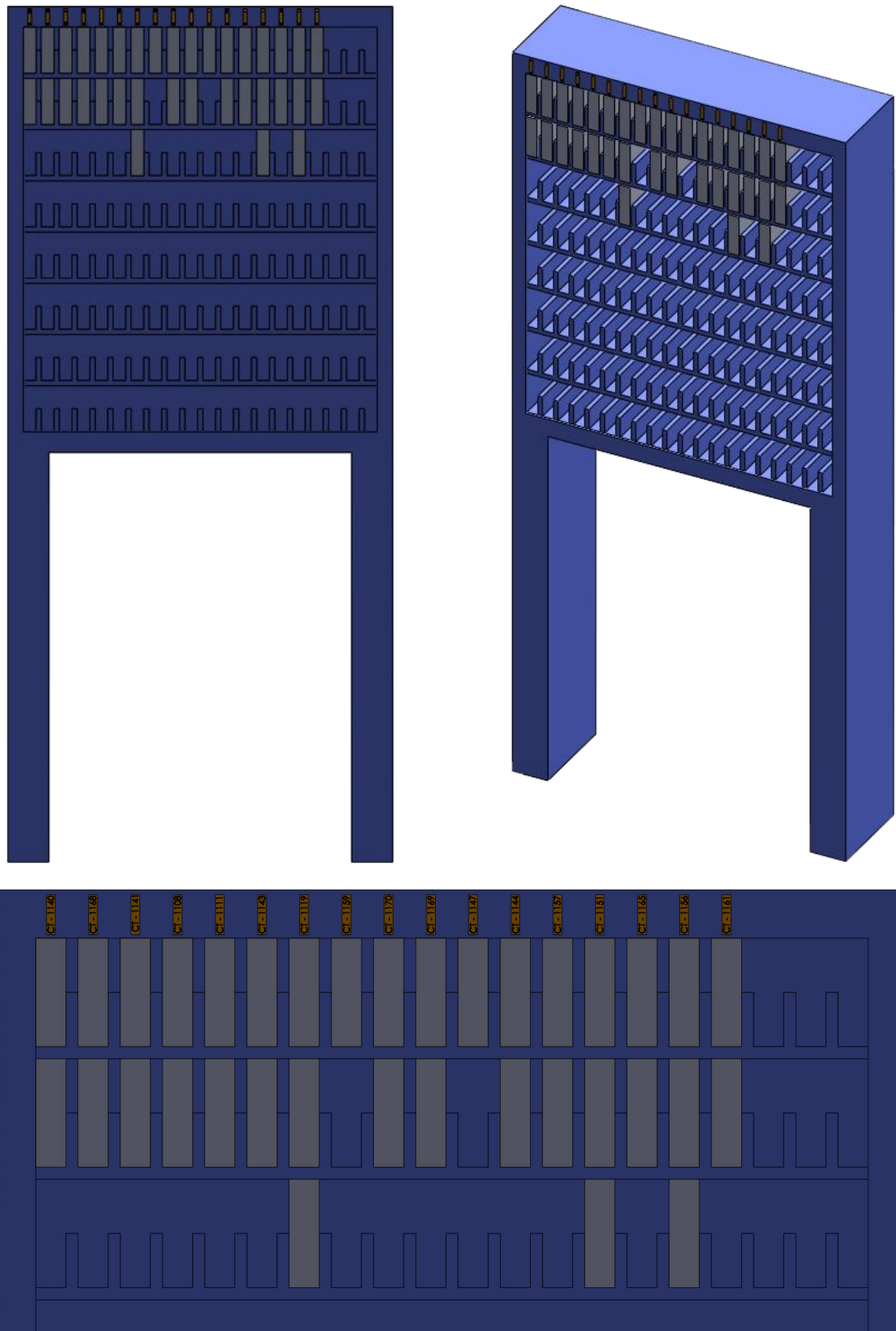


Figura 87 - Armário de armazenamento de feiras das APEX

### 5.2.3 Overall Equipment Effectiveness – OEE

De forma a avaliar e analisar o desempenho das máquinas, é realizada uma análise de desempenho dos equipamentos com base no OEE, sendo desta forma possível verificar o impacto das melhorias propostas anteriormente, no desempenho das máquinas em análise.

Utilizando o método de cálculo referenciado no capítulo 2.4.1 *Overall Equipment Effectiveness – OEE*, é apresentado o OEE das máquinas de construção de talões com cunha, sendo que as perdas por qualidade são de 2%, sendo que 2% dos artigos produzidos pelas máquinas são artigos não conformes, sendo que o OEE das máquinas é de 58%, representado na Tabela 73 o OEE por máquina.

Tabela 73 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) atual – APEX's

Máquina	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
APEX#01	89%	70%	98%	61%
APEX#02	88%	70%	98%	60%
APEX#03	84%	70%	98%	58%
APEX#04	82%	70%	98%	56%
APEX#05	86%	70%	98%	59%
APEX#06	97%	70%	98%	67%
APEX#07	76%	70%	98%	52%
APEX#08	79%	70%	98%	54%
APEX#09	83%	70%	98%	57%
APEX#10	74%	76%	98%	55%
APEX#11	96%	76%	98%	72%
APEX#12	71%	77%	98%	54%

Na Tabela 74, é apresentado os valores para as diversas variáveis para o cálculo do OEE, com a implementação das melhorias propostas. É então possível verificar que existir um aumento do OEE para 60%. Na Tabela 75, é apresentada a comparação do OEE atual com o OEE caso sejam implementadas as melhorias propostas.

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 74 - Overall Equipment Effectiveness (OEE) com a implementação das sugestões sugeridas – APEX's

Máquina	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
APEX#01	90%	70%	98%	61%
APEX#02	90%	70%	98%	61%
APEX#03	85%	70%	98%	58%
APEX#04	83%	70%	98%	57%
APEX#05	87%	70%	98%	60%
APEX#06	98%	70%	98%	67%
APEX#07	78%	70%	98%	54%
APEX#08	81%	70%	98%	55%
APEX#09	85%	70%	98%	58%
APEX#10	78%	75%	98%	57%
APEX#11	96%	75%	98%	71%
APEX#12	76%	77%	98%	57%

Tabela 75 – Comparação do OEE atual com o OEE utilizando as melhorias propostas

Máquina	OEE Atual	OEE com Melhorias Propostas
APEX#01	61%	61%
APEX#02	60%	61%
APEX#03	58%	58%
APEX#04	56%	57%
APEX#05	59%	60%
APEX#06	67%	67%
APEX#07	52%	54%
APEX#08	54%	55%
APEX#09	57%	58%
APEX#10	55%	57%
APEX#11	72%	71%
APEX#12	54%	57%

## **6. CONCLUSÕES**

Neste capítulo são apresentados os principais resultados e as conclusões retiradas do desenvolvimento deste trabalho. Por fim são ainda sugeridas algumas propostas a serem desenvolvidas como um trabalho futuro para a empresa.

### **6.1 Considerações Finais**

O trabalho descrito na presente dissertação contribuiu para uma melhor organização das áreas de produção de núcleos de talão e de aplicação cunha núcleo na empresa de construção de pneus – Continental Mabor S.A.. Uma vez que este era o principal objetivo do trabalho, considera-se que o projeto foi bem-sucedido.

O desenvolvimento deste trabalho visou a organização do sistema produtivo através da aplicação de ferramentas *lean manufacturing*, na empresa, de forma a melhorar o desempenho das máquinas, eliminando os desperdícios gerados em cada sistema produtivo estudado. De forma a eliminar os desperdícios identificados, foram elaboradas propostas de melhoria utilizando as metodologias 5'S, a normalização do trabalho e a metodologia SMED.

A utilização da metodologia 5'S, permitiu a organização e definição do local para colocação de todos os recursos necessários para o posto de trabalho. Com a remoção dos materiais desnecessários no posto do trabalho, é possível ficar com mais espaço livre. Também a implementação da metodologia 5'S, eliminou a procura por componentes e ferramentas para a realização das tarefas, o levou a um decréscimo dos tempos de *setup* das máquinas, ou seja, também teve importância na disponibilidade da máquina.

A aplicação da metodologia SMED, permitiu uma redução dos tempos necessários para realizar uma mudança de artigo, depois de uma análise de todas as tarefas realizadas pelos operadores, foram identificadas todas as atividades envolvidas e de seguida convertidas, quando possível, de tarefas internas para tarefas externas. A aplicação da proposta de introdução da metodologia SMED nos *setup*'s, permitiu uma redução dos tempos em cerca de 39%.

A realização do balanceamento dos postos de trabalho, permite concluir que para a construção de núcleos de talão são necessários apenas dois operadores para operarem as três máquinas presentes na área, sendo, porém, difícil devido à organização do layout atual. Já para os operadores assistentes é possível concluir que um aumento de 55.000 para 60.000 pneus construídos por dia, não é necessário a adição de mais assistentes, ficando o número de operadores inalterado.

## **6.2 Sugestões de trabalho futuro**

Neste subcapítulo, são sugeridas algumas medidas e ações a desenvolver em futuros trabalhos na empresa com vista a melhoria contínua que envolve as áreas de construção de núcleos de talão e aplicação cunha núcleo.

Nos dois processos analisados, não existe um controlo rigoroso sobre as quantidades produzidas de cada tipo de artigo. Como existe um incentivo aos trabalhadores, que é calculado segundo a base de artigos produzidos no decorrer do turno, e com o objetivo de receber maior prémio, os operadores tendem a produzir mais, mesmo não sendo necessário para satisfazer a procura, criando assim o desperdício de sobreprodução. Para a eliminação deste tipo de desperdício que resulta da sobreprodução, é proposto que seja feito um estudo para que seja implementado um sistema pull, de forma a garantir que as quantidades produzidas sejam aquelas exigidas pelo cliente.

Relativamente a área de construção de talões, sugere-se que no futuro seja realizado um estudo ao parque de armazenamento de núcleos de talões, de forma a facilitar o estacionamento dos suportes de armazenamento por parte dos operadores de CT's, e uma maior facilidade na remoção dos suportes de armazenamento do parque por parte dos operadores assistentes da área das APEX's. A alteração do layout do parque de suportes de armazenamento seria para um funcionamento por linhas, onde cada linha teria o seu artigo, onde os operadores poderiam colocar ou tirar os suportes de armazenamento de núcleos de talão, funcionando desta forma como um *kanban* e da mesma forma como um FIFO, pois os primeiros carros a ser retirados pelos operadores assistentes das APEX seriam os primeiros carros a ser produzidos pelas CT's.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, F. (2003). *Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel*. University of Pittsburgh.
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756. doi:doi:10.1108/02656710810890890
- Alizon, F., Shooter, S. B., & Simpson, T. W. (2009). Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies*, 30(5), 588-605. doi:10.1016/j.destud.2009.03.003
- Almacinha, J. A. (2013). *Introdução ao Conceito de Normalização em Geral e sua Importância na Engenharia*. FEUP - INEGI. Porto.
- Arezes, P. M., & Costa, L. F. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho - Sebenta de apoio a disciplina de Ergonomia e Estudo do Trabalho I*. Guimarães: Universidade do Minho.
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56--72. doi:10.1108/17410380610639506
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 53-64. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Brito, L. V. O. (2011). Organização da produção através da aplicação de ferramentas lean manufacturing numa empresa de produção de pneus.
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*: American Management Association.
- Carvalho, J. M. C. (2002). *Logística* (3ª ed.). Lisboa: Sílabo.
- Chiavenato, I. (2003). *Introdução à teoria geral da administração*: Elsevier Brasil.
- Continental. (2015). Continental AG. Alemanha.

- Costa, A., Zeilmann, R., & Schio, S. (2004). Análise de Tempos de preparação em máquinas CNC. *O Mundo da Usinagem*, 4, 2004.
- Dembogurski, R. A., Oliveira, M. d., & Neumann, C. (2008). *Balanceamento de Linha de Produção*. Paper presented at the XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro.
- Exertus. (2003). Manual Pedagógico PRONACI Métodos e Tempos. *Associação Empresarial de Portugal*.
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*: CRC Press.
- Ford, H. (1922). *My Life And Work*: CreateSpace Independent Publishing Platform, pp 71.
- Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*: Oxford University Press, USA.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2011). *Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving, Second Edition*: CRC Press.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46-64. doi:doi:10.1108/01443579710157989
- Hu, S. J. (2013). Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. *Procedia CIRP*, 7(0), 3-8. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.002>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*: McGraw-Hill Education.
- KaiserKraft. (2015). Retrieved from <http://www.kaiserkraft.pt/oficina/carros-de-montagem/carro-de-montagem/p/M1018503/>
- Kemal Karasu, M., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., & Demirel-Ortabas, N. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on

- injection molding production. *Measurement*, 47, 741-748. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2013.09.035>
- Lander, E., & K., L. J. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681-3698. doi:10.1080/00207540701223519
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Marcelino, J. (2005). *Mabor - 50 anos de sucesso: Arte Mágica II*, Editores Lda.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662--673. doi:10.1205/cherd.04351
- Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2002). *Motion and time study for lean manufacturing*: Pearson College Division.
- Morais, M. (2012). Organização do sistema de produção de uma empresa de produtos de marroquinaria e contribuição para o controlo da atividade produtiva.
- Moulding, E. (2010). *5s: A Visual Control System for the Workplace*: AuthorHouse.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. *Productivity Press, Inc.*, 129.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Taylor & Francis.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*: CRC Press.
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action research. *Faculty of Information Studies, University of Toronto*.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro: Comunidade Lean Thinking*.



- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*: Financial Times Prentice Hall.
- Shah, R., & T., W. P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785--805. doi:10.1016/j.jom.2007.01.019
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Taylor & Francis.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System*: Taylor & Francis.
- Taylor, F. W. (1911). *Shop management*: McGraw-Hill.
- Team, P. P. D. (1999). *OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness*: Taylor & Francis.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*: HarperCollins.



ANEXO I – LAYOUT DO SISTEMA PRODUTIVO DA CMIP



Figura 88- Layout sistema produtivo Continental Mabor S.A.(Continental, 2015)



ANEXO II – POLÍTICA DA EMPRESA



Continental Mabor  
Indústria de Pneus, S.A.

## Política da Empresa

**A Política da Continental Mabor assenta na sua Visão**

Ser **LIDER** na Divisão de Pneus da Continental

- L**ousado eficiente,
- I**nova e antecipa as necessidades dos clientes,
- D**esenvolve produtos de alta tecnologia,
- E**xcelente no conhecimento e nos processos,
- R**entável de forma sustentada.

**É na sua Missão**

- › Crescemos, criamos valor e rentabilidade sustentada, trabalhando **UNS PELOS OUTROS**;
- › Temos a **CONFIANÇA** dos clientes nos nossos serviços e produtos de tecnologia avançada;
- › Somos reconhecidos pela eficiência, qualidade, flexibilidade, inovação e **PAIXÃO POR VENCER**;
- › Promovemos a excelência de colaboradores qualificados, motivados e com **LIBERDADE PARA AGIR**.

**São ainda nossos Compromissos**

- › Cumprir a **legislação** em vigor e outros **requisitos** aplicáveis;
- › Assumir as **responsabilidades sociais**;
- › Promover a **saúde e a segurança** no trabalho;
- › Prevenir e **controlar a poluição**;
- › Usar racionalmente os **recursos naturais**;
- › Utilizar a **melhor tecnologia disponível**;
- › Intensificar programas de **melhoria continua**.

Lousado, 2 de janeiro de 2014

O Conselho de Administração

(Pedro Carrira)

(Henry Fischer)



Figura 89 - Política da Empresa (Continental, 2015)



ANEXO III – TABELAS FADIGA (AREZES & COSTA, 2003)

A. ESFORÇO FÍSICO RESULTANTE DA NATUREZA DO TRABALHO

**A1 – Força Desenvolvida Média**

- Toma-se em consideração a integridade do elemento de trabalho ou do intervalo de tempo para o qual é necessário fixar um complemento de repouso e determina-se a força desenvolvida média.
- O número de pontos atribuídos à força desenvolvida média varia conforme o tipo de esforço produzido pela operação. Esse esforço pode ser enquadrada numa das seguintes categorias:

Esforço Médio: Para actividades do tipo (1) transportar ou suportar fardos, (2) padejar, martelar e realizar outros movimentos rítmicos. Esta categoria engloba a maior parte das operações.

Esforço Fraco: Para actividades que implicam essencialmente esforços tais como: (1) transferir o peso do corpo para exercer uma força, tal como acontece quando se acciona um pedal, exerce todo o peso do corpo sobre um objecto contra um tampão, (2) suportar ou transportar cargas bem equilibradas fixadas ao corpo por meio de uma correia ou suspensas das espáduas, permanecendo os braços e mãos livres.

Esforço Elevado: Para actividades que implicam essencialmente esforços que consistem em: (1) levantar fardos, (2) exercer uma força utilizando continuamente músculos dos dedos ou braços, (3) levantar ou suportar cargas em posições incómodas ou manipular pesos importantes em posições desconfortáveis, (4) efectuar operações a temperaturas elevadas: trabalhar metais a quente, etc.

ESFORÇO MÉDIO - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	0	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	70	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	86	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
60	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
65	101	101	102	102	103	104	105	106	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

**ESFORÇO FRACO** - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	64	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

**ESFORÇO ELEVADO** - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	3	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24	25	29	28	29	30	32
10	33	34	35	37	38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55
20	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
25	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84
35	85	86	87	88	88	89	90	91	92	93
40	94	94	95	96	97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105	105	106	107	108	109	110
50	110	111	112	113	114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121	122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129	130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137	137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144	145	146	147	148	148	149

**A2 – Posição de Trabalho**

- Critérios de atribuição dos pontos: o trabalhador está sentado, de pé, debruçado ou dobrado sobre si próprio? Ele pode manipular a carga facilmente ou de maneira incómoda?

Comodamente sentado.	0
Sentado de forma incómoda ou meio sentado meio de pé.	2
De pé ou andando sem entraves.	4
Sobe ou desce uma escada sem transportar carga.	5
De pé ou andando com uma carga.	6
Sobe/desce escada, debruça-se/levanta-se/estica-se para alcançar/lançar objectos periodicamente.	8
Levanta de forma incómoda, padeja cascalho num cesto.	10
Debruça-se, levanta, estica-se ou lança constantemente.	12
Extrai carvão com uma picareta, deitado num veio estreito.	16



<b>A3 – Vibrações</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: impacto das vibrações ou de uma série de choques ou sacudidelas no corpo, nos membros ou nas mãos, esforço mental suplementar provocado pelas vibrações.</li> </ul>	
Padejar matérias leves.	1
Máquina de costura eléctrica. /	2
Prensa hidráulica ou tesoura, se o operador segura a matéria a cortar ou embutir.	2
Cortar em bocados. / Padejar cascalho. / Berbequim eléctrico portátil accionado por uma mão.	4
Cavar.	6
Berbequim eléctrico (accionado por ambas as mãos).	8
Desfazer um piso de betão com martelo pneumático.	15

<b>A4 – Ciclo Curto</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para trabalhos muito repetitivos, se uma série de elementos muito curtos forma um ciclo que se repete continuamente durante um período relativamente longo. Os pontos são atribuídos de acordo com a seguinte tabela, para compensar a falta de possibilidade de variar o leque de músculos utilizados.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo médio do ciclo (em centiminutos)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo médio do ciclo (em centiminutos)</li> </ul>	
16 - 17	1	8 - 9	6
15	2	7	7
13 - 14	3	6	8
12	4	5	9
10 - 11	5	Menos que 5	10

<b>A5 – Vestuário de Trabalho Incómodo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: influência do peso do vestuário de protecção sobre o esforço e o movimento, redução eventual da ventilação e da capacidade respiratória do trabalhador.</li> </ul>	
Luvas de Borracha finas - luvas cirúrgicas.	1
Luvas de Borracha para trabalhos caseiros / Botas de Borracha	2
Óculos de Rectificador.	3
Luvas industriais de borracha ou de couro.	5
Máscara facial (por exemplo, para pintura à pistola).	8
Vestuário de protecção em amianto ou capa de tela encerada.	15
Combinação de protecção que entrava os movimentos e o aparelho respiratório.	20

## B. TENSÃO MENTAL

<b>B1 – Concentração/Ansiedade</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: o que sucederá se o operador relaxar a atenção, responsabilidade confiada ao executante, necessidade de respeitar as exigências de tempo para cada movimento, precisão ou exactidão requerida.</li> </ul>	
Trabalhos simples e usuais de montagem / Padejar cascalho	0
Trabalhos usuais de embalagem / Lavador de veículos	1
Conduzir um pequeno carro ao longo de corredores desimpedidos.	1
Alimentar uma prensa conservando a mão afastada da prensa.	2
Re-nivelar uma bateria de acumuladores.	2
Pintar paredes.	3
Reunir objectos para formar lotes simples e de pequena importância, sem reflectir muito.	4
Coser com uma máquina de orientação automática.	4
Recolher materiais pedidos ao armazém com um pequeno carro. / Controlo simples.	5
Carregar e descarregar uma prensa à mão. / Pintura de materiais à pistola.	6
Adicionar algarismos. / Controlar pequenas peças soltas.	7
Gravar e polir.	8
Guiar à mão uma peça numa máquina de costura.	8
Embalar e escolher um sortido de chocolates segundo uma disposição que o executante deve memorizar e os chocolates em função dessa orientação. Trabalho de montagem demasiado complexo para permitir ao executante a aquisição de automatismos.	10
Soldar peças sustidas por uma montagem.	10
Conduzir um autocarro num nevoeiro espesso ou quando a circulação é intensa.	10
Marcação minuciosa ou muito precisa.	15

<b>B2 – Monotonia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: grau de estímulo mental, existência eventual de laços de camaradagem, de espírito de competição, de um fundo musical, etc.</li> </ul>	
Dois trabalhadores trabalhando por empreitada.	0
Limpar sapatos durante meia hora.	3
Operador executando trabalho repetitivo. / Operador executando sozinho um trabalho não repetitivo.	5
Controlo de rotina.	6
Adicionar colunas de algarismos parecidos.	8
Operador executando sozinho um trabalho altamente repetitivo.	11

<b>B3 – Esforços Visuais</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: condições de iluminação, encandeamento, luzes intermitentes, nível de iluminação, cor e proximidade da peça a maquinar, duração do esforço exercido.</li> </ul>	
Trabalho industrial normal.	0
Controlo/deteção de defeitos facilmente discerníveis. Trabalho industrial em más condições de iluminação.	2
Classificar por cores objectos de cores diferentes.	2
Controlo a intervalos diversos: deteção de pequenos defeitos. / Escolha de maçãs.	4
Ler jornal num veículo em movimento.	8
Soldar a arco com utilização de máscara. Controlo visual contínuo (tecido saindo de um tear).	10
Gravar utilizando uma lupa.	14

<b>B4 – Ruído</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: o ruído afecta a concentração? Se se trata de um ruído de fundo, produz-se regularmente ou de forma imprevisível? É irritante, ou, pelo contrário, calmante?</li> </ul>	
Trabalho num gabinete calmo, sem que disperse a atenção. Fábrica montagem de elementos leves.	0
Trabalho num gabinete na cidade, tendo o ruído contínuo da circulação exterior como ruído de fundo.	1
Oficina de mecânica ligeira.	
Gabinete ou oficina de montagem na qual o ruído constitui uma fonte de distração.	2
Oficina de carpintaria industrial.	4
Accionar um martelo pilão com uma forja.	5
Rebitar num estaleiro de construção naval.	9
Desfazer o solo com um martelo pneumático.	10

### C. ESFORÇO FÍSICO OU TENSÃO MENTAL RESULTANTE DA NATUREZA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

<b>C1 – Temperatura e Grau Higrométrico</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: condições atmosféricas gerais de temperatura e humidade, que se classificam numa das categorias do seguinte quadro. Escolher de acordo com a temperatura média.</li> </ul>				
Grau Higrométrico (%)	Temperatura			
	até 14°C	14,1 - 25 °C	25,1 - 32 °C	Acima de 32,1 °C
Até 75 %	0	1 - 5	6 - 9	10 - 16
de 76% até 85%	1 - 3	4 - 7	8 - 12	13 - 23
Acima de 86%	4 - 6	7 - 11	12 - 17	18 - 36

<b>C2 – Ventilação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: qualidade e frescura do ar, circulação do ar por climatização ou por ventilação natural.</li> </ul>	
Escritórios.	0
Fábricas com condições de trabalho análogas às dos escritórios.	
Oficinas em que a ventilação é conveniente, mas com algumas correntes de ar.	1
Oficinas expostas a fortes correntes de ar.	3
Trabalhar em esgotos.	14

<b>C3 – Fumos e Vapores</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: natureza e concentração dos fumos e vapores: são tóxicos e nocivos para a saúde? são irritantes para os olhos, o nariz, a garganta, a pele? Têm um cheiro desagradável?</li> </ul>	
Trabalho no torno com líquidos refrigerantes.	0
Pintura emulsionada / Cortar com maçarico / Colagem com resinas.	1
Gás de escape de um motor de veículo a funcionar numa pequena oficina de reparações.	5
Aplicação de tinta celulósica.	6
Fundidor enchendo um molde de metal em fusão.	10

<b>C4 – Poeira</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: o volume e natureza da poeira.</li> </ul>	
Escritório / Operações de montagem de elementos leves / Oficina de prensas.	0
Operações de rebolo ou de polir com uma boa aspiração de poeiras.	1
Serrar madeira.	2
Despejar cinzas.	4
Alisar soldaduras com abrasivo.	6
Despejar carvão em vagões ou cestos.	10
Descarregar cimento.	11
Demolir um imóvel.	12

<b>C5 – Sujidade</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Critérios de atribuição dos pontos: natureza do trabalho e desagregações provocadas pela sua natureza sujadora. Este complemento cobre o “tempo de lavagem” quando ele é pago (ou seja quando se lhe atribui aos executantes 3 ou 5 minutos para se lavar). Não atribuir simultaneamente tempo e pontos.</li> </ul>	
Trabalho de escritório. / Operações normais de montagem. / Trabalho de duplicador.	0
Varrer.	1
Desmontar um motor de combustão interna.	4
Trabalho realizado numa viatura velha.	5
Descarregar sacos de cimento.	7
Trabalho de mineiro. / Limpar uma chaminé com vassoura.	10

<b>C6 – Humidade</b>	
• Critérios de atribuição dos pontos: efeito cumulativo da exposição a este factor durante longo período.	
Operações industriais normais. / Trabalho no exterior, por exemplo de carteiro.	1
Trabalho permanente em meio húmido.	2
Limpar com água superfícies murais.	4
Manipulação contínua de objectos molhados.	5
Lavandaria / tinturaria, trabalho a vapor, na humidade, num solo coberto com água, com as mãos molhadas.	10

**TABELA DE CONVERSÃO DOS PONTOS**

Percentagem de correcção de repouso  
correspondente ao total de pontos atribuídos

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

*Exemplo:* Se o total de pontos atribuídos aos diversos esforços soma 37 pontos:

- na coluna situada na extremidade esquerda da tabela, referenciar a linha do número 30;
- percorrer esta linha da esquerda para a direita e parar na coluna 7;
- ler a correcção de repouso correspondente a 37 pontos, ou seja, 18%.

Figura 90 - Tabelas utilizadas no cálculo da fadiga (Arezes & Costa, 2003)



Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

ANEXO IV – TEMPOS DE CICLO (APEX)

Tabela 76 – Tempos de ciclo (APEX#01-APEX#05)

Máquina	Jante	Tempo de Máquina/ciclo (min)	Tempo de operador/ ciclo (min)			Tempo de ciclo (min)			Tempo padrão (min)		
			Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
APEX#01	14"	0,083	0,016	0,018	0,019	0,099	0,100	0,101	0,103	0,104	0,105
	15"	0,085	0,016	0,018	0,019	0,101	0,103	0,104	0,105	0,107	0,108
	16"	0,088	0,016	0,018	0,019	0,104	0,105	0,107	0,108	0,109	0,111
APEX#02	14"	0,083	0,013	0,019	0,025	0,096	0,101	0,107	0,099	0,105	0,111
	15"	0,085	0,013	0,019	0,025	0,098	0,104	0,110	0,102	0,108	0,114
	16"	0,088	0,013	0,019	0,025	0,101	0,107	0,113	0,105	0,110	0,117
APEX#03	14"	0,083	0,015	0,016	0,016	0,098	0,098	0,099	0,102	0,102	0,102
	15"	0,085	0,015	0,016	0,016	0,100	0,101	0,101	0,104	0,104	0,105
	16"	0,088	0,015	0,016	0,016	0,103	0,103	0,104	0,107	0,107	0,108
APEX#04	14"	0,083	0,009	0,022	0,035	0,091	0,104	0,118	0,095	0,108	0,122
	15"	0,085	0,009	0,022	0,035	0,094	0,107	0,120	0,097	0,111	0,125
	16"	0,088	0,009	0,022	0,035	0,097	0,109	0,123	0,100	0,113	0,128
APEX#05	14"	0,083	0,006	0,010	0,017	0,088	0,092	0,100	0,091	0,096	0,103
	15"	0,085	0,006	0,010	0,017	0,091	0,095	0,102	0,094	0,098	0,106
	16"	0,088	0,006	0,010	0,017	0,093	0,097	0,105	0,097	0,101	0,109
	17"	0,093	0,006	0,010	0,017	0,098	0,102	0,110	0,102	0,106	0,114
	18"	0,093	0,006	0,010	0,017	0,099	0,103	0,110	0,102	0,107	0,114
APEX#06	14"	0,083	0,026	0,026	0,026	0,109	0,109	0,109	0,113	0,113	0,113
	15"	0,085	0,026	0,026	0,026	0,111	0,111	0,111	0,115	0,115	0,115
	16"	0,088	0,026	0,026	0,026	0,114	0,114	0,114	0,118	0,118	0,118

## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 77 - Tempos de ciclo (APEX#07-APEX#09)

Máquina	Jante	Tempo de Máquina/ciclo (min)	Tempo de operador/ ciclo (min)			Tempo de ciclo (min)			Tempo padrão (min)		
			Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
APEX#07	14"	0,083	0,014	0,016	0,019	0,097	0,099	0,101	0,100	0,102	0,105
	15"	0,085	0,014	0,016	0,019	0,099	0,101	0,104	0,102	0,105	0,107
	16"	0,088	0,014	0,016	0,019	0,102	0,104	0,106	0,105	0,108	0,110
	17"	0,093	0,014	0,016	0,019	0,106	0,109	0,111	0,110	0,113	0,115
	18"	0,093	0,014	0,016	0,019	0,107	0,109	0,112	0,111	0,113	0,116
	19"	0,102	0,014	0,016	0,019	0,116	0,118	0,121	0,120	0,123	0,125
APEX#08	14"	0,083	0,014	0,015	0,015	0,096	0,097	0,098	0,100	0,101	0,102
	15"	0,085	0,014	0,015	0,015	0,099	0,099	0,100	0,102	0,103	0,104
	16"	0,088	0,014	0,015	0,015	0,101	0,102	0,103	0,105	0,106	0,107
	17"	0,093	0,014	0,015	0,015	0,106	0,107	0,108	0,110	0,111	0,112
	18"	0,093	0,014	0,015	0,015	0,107	0,108	0,109	0,111	0,112	0,112
	19"	0,102	0,014	0,015	0,015	0,116	0,117	0,117	0,120	0,121	0,122
APEX#09	14"	0,083	0,007	0,019	0,039	0,090	0,102	0,121	0,093	0,105	0,126
	15"	0,085	0,007	0,019	0,039	0,092	0,104	0,124	0,096	0,108	0,128
	16"	0,088	0,007	0,019	0,039	0,095	0,107	0,126	0,099	0,111	0,131
	17"	0,093	0,007	0,019	0,039	0,100	0,112	0,131	0,104	0,116	0,136
	18"	0,093	0,007	0,019	0,039	0,101	0,112	0,132	0,104	0,116	0,137
	19"	0,102	0,007	0,019	0,039	0,109	0,121	0,141	0,113	0,126	0,146



## Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo

Tabela 78 - Tempos de ciclo (APEX#10-APEX#12)

Máquina	Jante	Tempo de Máquina/ciclo (min)	Tempo de operador/ ciclo (min)			Tempo de ciclo (min)			Tempo padrão (min)		
			Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
APEX#10	16"	0,088	0,010	0,012	0,012	0,098	0,099	0,100	0,102	0,103	0,104
	17"	0,093	0,010	0,012	0,012	0,103	0,104	0,105	0,107	0,108	0,109
	18"	0,093	0,010	0,012	0,012	0,104	0,105	0,106	0,107	0,108	0,109
	19"	0,102	0,010	0,012	0,012	0,112	0,114	0,114	0,117	0,118	0,118
	20"	0,113	0,010	0,012	0,012	0,123	0,124	0,125	0,128	0,129	0,130
	21"	0,121	0,010	0,012	0,012	0,132	0,133	0,134	0,137	0,138	0,139
APEX#11	14"	0,083	0,009	0,009	0,009	0,092	0,092	0,092	0,096	0,096	0,096
	15"	0,085	0,009	0,009	0,009	0,094	0,094	0,094	0,098	0,098	0,098
	16"	0,088	0,009	0,009	0,009	0,097	0,097	0,097	0,101	0,101	0,101
APEX#12	16"	0,088	0,017	0,022	0,025	0,105	0,109	0,113	0,109	0,113	0,117
	17"	0,093	0,017	0,022	0,025	0,110	0,114	0,117	0,114	0,118	0,122
	18"	0,093	0,017	0,022	0,025	0,110	0,115	0,118	0,114	0,119	0,122
	19"	0,102	0,017	0,022	0,025	0,119	0,124	0,127	0,124	0,128	0,131
	20"	0,113	0,017	0,022	0,025	0,130	0,134	0,138	0,135	0,139	0,143
	21"	0,121	0,017	0,022	0,025	0,139	0,143	0,146	0,144	0,148	0,152