

Redução do Tempo de Ensaio das Quinadoras

Tomás Vieira de Castro Alves

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2014-01-27

Aos meus pais e irmãos.

Resumo

Na atual conjuntura é essencial a procura da optimização dos processos de fabrico e a gestão eficiente de todos os recursos da empresa, usando-os sempre de forma criteriosa, procurando uma redução de custos que garantam a sustentabilidade da empresa e a satisfação do cliente final.

O âmbito deste projeto numa empresa especializada em máquinas-ferramenta foi a redução de tempo dos ensaios de quinadoras, mais especificamente nas quinadoras *Standard*. Esta é uma operação para a qual existia uma especificação detalhada, mas sem qualquer atribuição de duração.

O objetivo traçado, foi que esta etapa, com uma duração de cerca de 1160 minutos, fosse reduzida em cerca de 40%, tendo um impacto no *lead time* de 17%.

Foram utilizadas ferramentas *lean* como Standard Work, 5Ss e Value Stream Mapping. Estas ferramentas foram essenciais na deteção do desperdício nas suas diversas formas. Após análise detalhada, foi possível definir o *standard work* do ensaio de quinadoras, ficando documentadas as especificações, a sequência e a duração da operação de ensaios.

A partir da análise efetuada é possível concluir que podemos obter uma redução do tempo de ensaio em cerca de 45%, representando este uma redução de 19% no tempo de entrega ao cliente final. Podemos assim dizer que os objetivos podem ser ultrapassados, embora seja necessário o empenho de todos na procura da melhoria contínua do processo.

Não foi possível a implementação de todas as propostas de melhoria, pois muitas envolvem gastos significativos de recursos e monetários para a empresa. Foram criadas equipas dedicadas à melhoria do processo de fabrico, tendo como visão a melhoria de todas as etapas do processo de fabrico de quinadoras.

Reduce time for testing of press breaking

Abstract

In the current conjuncture it is essential to optimize manufacturing processes and manage efficiently all of the resources of a company, always using them with criteria, looking for a cost reduction that guarantees sustainability of the company and satisfaction of the customer.

The aim of this project in a company that specializes in machine tool was to reduce testing time for press brakes, specifically in Standard press brakes. An operation for which there, was a detailed specification but without any assignment duration.

The objective was that this step, with a duration of about 1160 minutes, was reduced by about 40%, impacting on lead time of 17%.

Lean tools were used as Standard Work, 5S and Value Stream Mapping. These tools were essential in the detection of waste in its various forms. After detailed analysis, it was possible to set the standard work for press brakes inspection, getting documented specification, sequence and duration of the operation tests.

From the analysis performed it is possible to conclude that we can obtain a reduction of the test time by 45%, this represents a reduction of 19% of delivery time to the final customer. We can thus say that the goals can be exceeded, although the commitment of all in the quest for improvement is necessary to continue the process.

It was not possible to implement all proposed improvements, because many involve significant monetary expenditures for the company. Teams dedicated to the improvement of the manufacturing process, with the aim to improve all stages of the manufacturing process of press brakes were created.

Agradecimentos

Foram muitas as pessoas que marcaram o meu percurso académico. É a elas que dedico o seu culminar, pois estiveram sempre presentes nos momentos mais felizes, e nos mais difíceis também.

Ao professor Paulo Osswald, por todo o apoio, disponibilidade, atenção e compreensão que sempre demonstrou comigo ao longo da realização de todo o estágio. Obrigado pelos conselhos, sabedoria e opiniões que comigo partilhou e que, certamente, enriqueceram o meu trabalho.

Sem o apoio de todos os colaboradores da ADIRA, seria impossível a realização deste projeto. Um especial agradecimento à Engenheira Rita Morgado e ao Engenheiro Tiago Faro, por todos os conselhos e conhecimentos transmitidos, ajudando-me a entender melhor o mundo do trabalho. Ao Sr. Joaquim Miranda, por todos os conselhos, momentos divertidos e vividos durante o projeto. Aos colaboradores em geral, por toda a experiência partilhada, contribuindo sempre para a minha evolução na realização do meu projeto. Às colegas Ana Moura e Susana Montenegro por terem partilhado comigo esta experiência, com certeza, marcante.

Não podia deixar de agradecer a todos os meus amigos que partilharam momentos de vida e estiveram sempre ao meu lado, em especial ao André Ferreira, Hugo Carvalho, Joana Teixeira, João Quintanilha, Jorge Ascensão, Miguel Fernandes, Nuno Soares, Pedro Pinto, Ricardo Martins, Ruben Santos, Rui Barata e Sérgio Paiva.

À Catarina Rocha por ser uma das pessoas mais importantes da minha vida, tem tido sempre um papel fundamental ao longo dela. A ti, um muito obrigado pelo tempo despendido, conselhos, atenção e compreensão que sempre demonstraste para comigo.

Sem o esforço da minha família nada disto teria sido possível. Aos meus pais, por partilharem e apoiarem o gosto de todas as minhas aventuras, transmitindo-me sempre bons conselhos e valores. Aos meus irmãos Tiago e Pedro, a quem devo o companheirismo e amizade, fazendo de mim hoje, uma pessoa orgulhosa da família que tenho.

A todos vocês um muito obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	ADIRA Metal-Forming, S.A.	1
1.2	O Projeto Redução do tempo de ensaio das quinadoras	2
1.3	Metodologia da abordagem	3
1.4	Organização da dissertação	4
2	Revisão bibliográfica.....	5
2.1	Produção Lean.....	5
2.2	Fluxo contínuo	9
2.3	Sistema Puxado	10
2.4	Ferramentas <i>Lean</i>	10
3	Descrição do Problema	14
3.1	Descrição do processo de produção	14
3.2	Situação inicial	17
3.3	Super pré-montagem e customização	17
3.4	Customização da máquina	18
3.5	Descrição com maior detalhe da situação do ensaio	18
4	Abordagem ao problema	20
4.1	Análise inicial do ensaio das quinadoras <i>standards</i>	20
4.2	Etapas de implementação de ferramentas <i>lean</i>	20
4.3	Análise dos Resultados	24
4.4	Priorização	29
5	Soluções propostas	30
5.1	Abordagem ao desperdício e problemas	30
5.2	Ações de Formação	36
5.3	Aplicação de 5s.....	37
5.4	Soluções de melhoria das operações do ensaio	37
5.5	Standard work aprovado	40
5.6	Ensaio	42
6	Conclusões	44
6.1	Trabalhos futuros	45
	Referências bibliográficas.....	46
	ANEXO A: Layout da empresa.....	47
	ANEXO B: Constituintes da máquina	49
	ANEXO C: Registo de Inspeção.....	52
	ANEXO D: Esquema elétrico.....	61
	ANEXO E: Melhorias	64
	ANEXO F: Instruções de montagem	68
	ANEXO G: Check list , Standard work e Registos de anomalias.....	71
	ANEXO H: Tempos Medidos.....	74

Siglas

C- Customização

JIT- Just-in-time

PDCA- Plan Do Check Act

RI- Registo de Inspeção

SMED- Single Minute Exchange of Die

SPM- Super Pré-montagem

TC- Tempo Ciclo

TPM- Total Productive Maintenance

TPS- Toyota Production System

TT- Takt Time

5S- Cinco palavras Japonesas (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)

5W- 5 Porquês

Índice de Figuras

Figura 1 Percentagem de máquinas vendidas em 2013 por continente e Portugal.	1
Figura 2 Casa Toyota Production System.	6
Figura 3 Os três tipos de mudas.	8
Figura 4 Melhoria contínua através do ciclo PDCA (PINTO 2010).....	11
Figura 5 Fluxo do processo de fabrico de máquinas-ferramenta.	14
Figura 6 Processo de fabrico de máquinas-ferramenta standards.	17
Figura 7 Etapas do processo de fabrico e tempos respetivos.	19
Figura 8 Tempo médio das operações do ensaio.....	26
Figura 9 Tempo médio das operações, separadas por tipo.	27
Figura 10 Tempo médio dos ensaios medidos.	27
Figura 11 Tempo médio dos desperdícios presente no ensaio.	29
Figura 12 Calços de calibração.	32
Figura 13 Estantes com ferramenta de ensaio.	32
Figura 14 Layout do pavilhão de máquinas standard e localização de componentes.	33
Figura 15 Exemplo caixa de teste.....	35
Figura 16 Aplicação dos 5S nos carros de ferramentas 37	37
Figura 17 Ferramentas de posicionamento rápido. Esquerda avental móvel, direita mesa do esbarro.....	38
Figura 18 Sequenciamento do ensaio para PM AD 10 com segurança.	41
Figura 19 Ensaio espectável, após eliminação do desperdício.	43
Figura 20 Layout Pavilhões.	47
Figura 21 Localizações importantes.	48
Figura 22 Pavilhão máquinas standard.	48
Figura 23 Máquina vista de frente.	49
Figura 24 Máquina vista de trás.....	49
Figura 25 Eixos da máquina.	50
Figura 26 Comandos numéricos, Cybelelec 880s à esquerda e AD10 à direita.	50
Figura 27 Constituintes do quadro elétrico.	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 Gamas de Quinadoras produzidas.	2
Tabela 2 Modelos das Quinadoras da gama PM.....	2
Tabela 3 Constituição das máquinas analisadas.....	21
Tabela 4 Medições recomendadas para os diversos tempos de ciclo adaptado (Niebel e Freivalds 2003).	21
Tabela 5 Classificação das operações da etapa do ensaio e respetivos tempos médios (minutos).....	23
Tabela 6 Tempos dos tipos de desperdício de cada ensaio.	25
Tabela 7 Numero de fichas para cada constituição e por comando numérico.	26
Tabela 8 Elementos necessários à realização das operações.....	31
Tabela 9 Formações necessárias.....	36
Tabela 10 Operações a melhorar.	39
Tabela 11 Standard Work do ensaio.	40
Tabela 12 Taxa de ocupação para as diferentes opções de máquina.	42
Tabela 13 Comparação de resultados e respetiva redução na etapa do ensaio.	44
Tabela 14 Comparação de resultados e respetiva redução no lead time.	45

1 Introdução

1.1 ADIRA Metal-Forming, S.A.

A ADIRA foi fundada em 1956 por António Dias Ramos, iniciando-se numa pequena oficina que começara por fabricar pequenos tornos, fresadoras e máquinas de aplainar. Ao longo de décadas, esteve sempre um passo a frente, tendo desde cedo a preocupação de obter a certificação ISO 9000 e toda a sua gama com certificação de segurança CE, na década de 90's.

Hoje chamada ADIRA Metal Forming Solutions, S.A., tem sido ao longo dos seus 57 anos um marco nacional, no que diz respeito à construção de máquinas de corte e conformação de chapa. Com uma produção de cerca de 199 máquinas em 2013, a empresa tem na exportação o seu maior mercado, como podemos ver na figura 1.

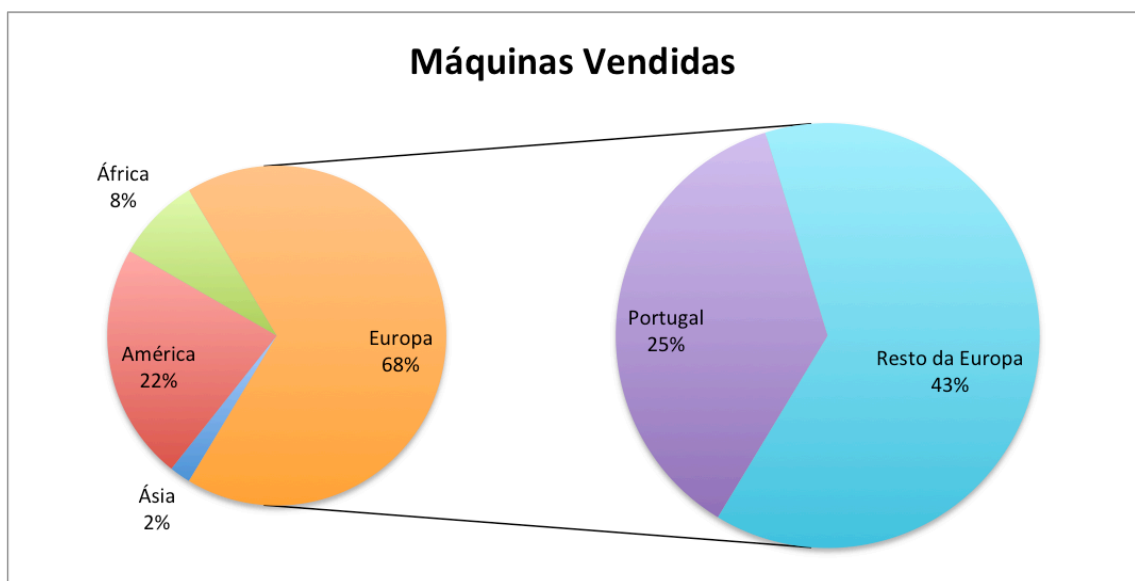


Figura 1 Percentagem de máquinas vendidas em 2013 por continente e Portugal.

A ADIRA tem atualmente como missão “ouvir os clientes e fornecer soluções inovadoras, customizadas e com eficiência, para corte e conformação de chapa, sustentáveis, ao longo de todas as etapas/ necessidades dos clientes Adira, proporcionando-lhes competitividade a nível mundial”¹.

As grandes áreas de negócio são a produção de máquinas de corte por laser, quinadoras, e guilhotinas, e o serviço pós-venda.

A ADIRA produz atualmente, máquinas de corte de chapa (laser e guilhotinas hidráulicas) e as máquinas de deformação de chapa (quinadoras hidráulicas, quinadoras elétricas e células robotizadas de quinagem).

¹ <http://www.adira.pt/002.aspx?dqa=0:0:0:19:9:9:-1:0:0&id=1&ct=9>

As quinadoras são máquinas-ferramenta, destinadas a dobragem da chapa metálica, podendo ser obtidos diferentes perfis consoante as operações de quinagem. As guilhotinas são destinadas ao corte de chapas através das lâminas de corte.

Estes equipamentos dividem-se em *standards* e especiais: as máquinas *standards* são produzidas em grande escala de modo a atender à procura dos clientes sem necessidades específicas; as especiais, são máquinas personalizadas à dimensão e às características exigidas pelos clientes.

1.2 O Projeto Redução do tempo de ensaio das quinadoras

Hoje em dia para poder ser competitiva a todos os níveis é necessário criar produtos com um grau de customização muito elevado. A gama de máquinas que hoje são produzidas é bastante elevada, servindo de uma forma mais precisa, as necessidades de cada cliente.

Quinadoras						
Gama	PM	PA	PH	PF	BB	GB

Tabela 1 Gamas de Quinadoras produzidas.

Podemos afirmar que a ADIRA produz máquinas à medida do cliente, utilizando, sempre que possível, um ponto de partida *standard*, passando depois pela personalização para servir as diferentes necessidades de cada cliente. As gamas apresentadas a negrito na tabela 1, são consideradas *standard* e as restantes são consideradas especiais. As gamas *standard* sofrem uma customização em função das opções escolhidas pelo cliente. Este projeto baseia-se, mais concretamente, na gama de quinadoras PM. As quinadoras especiais apenas são produzidas por encomenda, já as quinadoras *standard* têm um planeamento híbrido, funcionando num sistema *push* durante a montagem da estrutura e órgãos comuns, antes da definição de cliente, e em *pull* a partir do momento que a máquina passa a ter um cliente destinado e se passa às operações customização. Realça-se, no entanto que apenas se tem que decidir pelo comprimento das estruturas a produzir, pois as estruturas, tanto da gama PM como da PA, são iguais para o mesmo comprimento. A gama de quinadoras PM tem os modelos apresentados na tabela 2, sendo que a sua designação representa a força que esta tem de quinagem assim como o tamanho desta. Por exemplo o modelo PM13530, tem 1350 kN de força de fecho e 3 metros de comprimento de quinagem.

Gama	PM					
Modelo	6020	9025	13530	16030	13540	16040
						22040

Tabela 2 Modelos das Quinadoras da gama PM.

As gamas PM e PA são comercializadas como sendo dois produtos bastante diferentes e com capacidades bastantes distintas. Na realidade, isso é possível através de apenas pequenas diferenças mecânicas. A gama PM é uma gama mais económica, existindo hoje para poder ser comercializada num mercado bastante competitivo. A gama PA, estruturalmente semelhante à gama PM, é uma gama bastante mais cara, onde o cliente pode obter um grau de customização mais elevado. É frequente que nesta gama sejam introduzidas ferramentas com maior qualidade e precisão, por exemplo, sistemas de aperto rápido para punções e matrizes, comando de programação gráfico, sistemas de ajuda à quinagem (extensómetros ou sistema de segurança com sistema de leitura de retorno elástico do material), acompanhadores de quinagem e várias outras opções.

Competindo mundialmente é necessário ser bastante eficiente e eficaz naquilo que se produz, havendo, a necessidade de melhorar o fluxo do processo de fabrico que uma máquina *Standard* (modelo PM e PA) pode ter.

É no processo de fabrico de máquinas-ferramenta que se quer aplicar a filosofia de *Lean manufacturing*, para assim reduzir todas as tarefas que não trazem qualquer valor acrescentado ao produto final. Existe uma grande preocupação por parte da ADIRA na redução do *lead time* do processo, mais especificamente, na etapa dos ensaios, fazendo com que esta fase fique completamente standardizada, através da especificação de um *standard work*.

Embora estes objetivos se apliquem a todas as operações da fase de customização, o ensaio é uma etapa crítica, pois é aqui, que a máquina ganha movimento e são testados todos os componentes mecânicos, elétricos e eletrónicos, recaindo assim a primeira abordagem pormenorizada sobre ele..

1.3 Metodologia da abordagem

A abordagem ao problema exposto passou, em primeiro lugar, pela observação do processo de ensaio, medição de tempos das operações e posterior análise. Verificado o facto de muitos problemas provirem das fases da montagem mecânica e elétrica procedeu-se à observação destas, para assim se perceber a razão da ocorrência de tantos problemas na fase de ensaio provenientes da montagem mecânica e elétrica.

A criação de um mapa da cadeia de valor da fase do ensaio foi fundamental para a eliminação do desperdício e a alocação correta das operações que esta fase contém.

Seguiu-se a definição de instruções de trabalho, de modo a corrigir erros sistemáticos provenientes da montagem, instruindo os montadores da maneira correta de montagem, aplicando ainda ferramentas 5S.

O ciclo PDCA foi uma ferramenta a ter em conta em todo este processo, pois todo o processo de melhoria é bastante iterativo, passando este sempre pelo planeamento, atuação, verificação e finalmente os ajustamentos necessários, voltando assim ao planeamento, para refazer todo o processo, sempre com o objetivo de melhorar continuamente. Com este objetivo surge a necessidade de criar instruções de trabalho com o envolvimento dos intervenientes, para que sejam mais explícitas, e os envolvam em todo o processo de melhoria. Só podemos melhorar se todos os intervenientes se mostrarem motivados e empenhados em cooperar. Assim, para que haja melhorias significativas em toda a etapa do processo de ensaio é necessário haver um levantamento integral do mesmo.

A metodologia foi utilizada para o alcance do objetivo pretendido. A redução do tempo de ensaio em cerca de 40%, passando este de cerca de 1160 minutos para uma duração de 696 minutos.

1.4 Organização da dissertação

Esta dissertação é composta por seis capítulos. No primeiro capítulo é feita uma breve apresentação da empresa, do projeto e da metodologia usada para a resolução do problema. No segundo capítulo é feita uma abordagem dos temas mais relevantes para o projeto, com uma revisão dos temas produção *Lean*, fluxo contínuo, produção puxada e ferramentas *Lean*. O terceiro capítulo é referente à descrição do estado inicial das etapas de todo o processo. No capítulo seguinte é feita uma análise dos dados levantados, levando a uma priorização dos objetivos a cumprir nesta dissertação. O quinto capítulo é referente às medidas propostas para implementação e à consequência que estas têm em todo o processo. Finalmente é feita uma conclusão de todo o projeto com uma visão do que deve ser tomado em atenção no futuro.

2 Revisão bibliográfica

Este capítulo destina-se à realização de uma revisão os conceitos abordados no decorrer da dissertação.

2.1 Produção Lean

O sistema produtivo em Portugal tem vindo a mudar de mentalidade, estando hoje muito mais focado para a filosofia *Lean*, que em português significa filosofia magra. Este sistema tem como objetivo fazer mais, com menos recursos humanos, equipamentos, tempo e espaço, sendo referido como “antídoto para o desperdício” nas obras de referência “The machine that change the world”(Womack et al. 1990) e “*Lean Thinking*”(Womack e Jones 1996). Desde então, este termo é aplicado para se referir à filosofia de liderança e de gestão que tem como missão a eliminação de desperdício e a criação de valor.

2.1.1 Enquadramento histórico

A filosofia *Lean* teve três gerações distintas que podem ser historicamente contextualizadas. Alukal e Manos referem na sua obra que os princípios *Lean* já tinham sido usados por Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, onde foi aplicada a primeira linha de montagem automóvel, deixando uma importante marca na gestão empresarial. Esta geração era focada na identificação e eliminação do desperdício (Alukal e Manos 2006).

A segunda geração começou após a derrota do Japão na segunda Grande Guerra, que trouxe, aos japoneses uma oportunidade de reconstruir a indústria com os conhecimentos e as experiências adquiridas a partir da gestão norte-americana e também europeia a partir da necessidade de conseguir com poucos recursos naturais, fazer mais e melhor. Desta forma, só com um espírito *Lean* a nível da gestão, é que foi possível que passado um pouco mais de três décadas o Japão fosse a segunda economia mundial. Foi através da ajuda de Taiichi Ohno e Shigeo Shingo que a *Toyota Motor Corporation* desenvolveu, ao longo de muitos anos, o Toyota Production System, que resultou numa linha de montagem bastante refinada, no qual o objetivo era a redução e eliminação do desperdício. É então que esta geração se foca também no desenvolvimento de toda uma filosofia de melhoria contínua, introduz a liderança de pessoas como um fator chave e reforça a uniformização e formalização de práticas, produtos e processos. Esta geração dá uma grande importância à gestão da qualidade dos processos e ao envolvimento que as pessoas têm no desenvolver dos mesmos.

Nos dias de hoje este conceito e as técnicas usadas para o alcance de uma produção *Lean* são conhecidos como o Toyota Production System (TPS), tendo sido reintroduzidas e popularizadas estas técnicas e conceitos no ocidente por James Womack e o seu grupo, como Produção *Lean*.

Esta nova maneira de pensar a filosofia *Lean*, não rejeita os conceitos e princípios implementados, apenas acrescenta criatividade, inovação, lideranças que são aspetos importantes na conceção de soluções *Lean* orientadas à criação de valor. Neste sentido existe, hoje em dia, um grande desafio para esta década de desenvolver conceitos como “*Lean people*” e o “*value based management*”(Pinto 2010).

2.1.2 Casa Toyota

Toyota Production System (TPS), está na origem de todo o pensamento *Lean*. Esta filosofia está em constante desenvolvimento, mas foi pela mão do Taiichi Ohno nos anos quarenta e mais tarde pelo Eng. Shigeo Shingo que se deu início ao seu desenvolvimento.

Muitas vezes o TPS é apresentado como uma casa, apresentando partes bastantes distintas, que se não estiverem interligadas, não permite atingir os objetivos, à semelhança de uma casa que tem como base os alicerces e que só com a estrutura bem executada sobre eles se atinge uma construção perfeita, conforme ilustra a figura 2. Como base e alicerce de todo este sistema a filosofia Toyota tem a melhoria contínua, a uniformização e normalização dos processos e a produção nivelada. A estrutura assenta em dois pilares, sendo estes os princípios *just-in-time* e *jidoka*. A produção *just-in-time* mais conhecida por JIT, assenta na produção de acordo com o que é pretendido pelo cliente. É uma técnica de produção puxada, isto é, consiste num grupo integrado de atividades projetadas para alcançar uma grande eficácia, produzindo sempre apenas aquilo que é requerido, na quantidade certa, na altura certa para entrega no local combinado.

Jidoka ou *autonomation* é um termo usado para a autonomia que o operador tem para interromper o processo que está a executar caso detete alguma anomalia. Este tem que ser capaz de os detetar e corrigir de forma que seja possível atingir um processo cada vez mais autónomo. O *Poka-yoke* é uma ferramenta desta técnica, que ajuda na deteção e antecipação dos problemas que podem vir a surgir. Outras ferramentas são os 5S, sistema de kanbans, TPM, SMED, gestão visual, os 5W, e a eliminação do desperdício.

Os objetivos do TPS são então o alcance de uma melhor qualidade, um menor custo, menor tempo de entrega, melhor serviço, mais segurança, maior moral resultando numa maior motivação de toda a estrutura. Este sistema faz que com o tempo e cada uma das partes da cadeia envolvidas seja cada vez mais autónomo e poderoso (Ohno 1988).

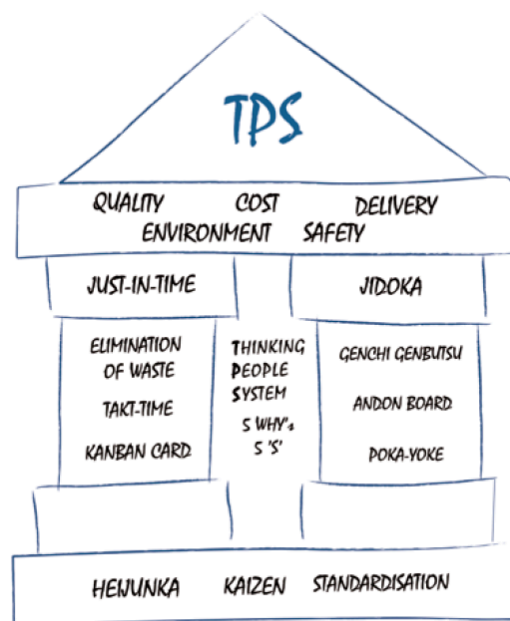


Figura 2 Casa Toyota Production System.²

²<http://www.toyota-forklifts.eu/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/Toyota%20Production%20System%20Brochure.pdf>

2.1.3 Princípios Lean

Os princípios da filosofia *Lean* foram identificados por Womack e Jones (1996), tendo estes identificado cinco conceitos fundamentais, sendo eles: a criação de valor, definição da cadeia de valor, otimização do fluxo, o sistema puxado e por fim a procura da perfeição.

1. **Identificação do valor:** este princípio está virado para o produto, produto este que vai de encontro às necessidades do cliente tornando-se num produto com capacidades específicas, a um preço exclusivo para o cliente. A ligação ao consumidor tem de ser constante, pois só assim se garante que se está a criar valor para este.
2. **Especificação da cadeia de valor:** a cadeia de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para agregar o valor identificado ao produto. Estas ações podem ser de três tipos: ações que acrescentam valor, ações que não acrescentam valor mas que têm de ser executadas e ações que não acrescentam valor e podem ser eliminadas. É através da resolução de problemas de execução, de conceito até ao projeto detalhado que vamos criar valor para posteriormente, ser lançado para produção e fabricado através da transformação de matéria-prima. Segue-se finalmente o planeamento da sua entrega ao consumidor final, para total satisfação do mesmo.
3. **Otimização do fluxo:** depois de o valor estar encontrado, a cadeia de valor definida e os desperdícios encontrados na análise posterior eliminados, ficamos perante um dos passos mais complicados de *Lean*, isto é, a criação de um fluxo contínuo, de forma a atingir a eliminação de *stocks* intermédios. A partir deste pensamento e sua concretização conduzimos a que os custos envolvidos na produção sejam seriamente menores devido a eliminação de desperdício.
4. **Sistema puxado “Pull”:** a otimização de todo o fluxo, leva-nos a chegar ao sistema puxado, isto é, apenas se parte para a produção caso haja encomendas, pois só assim não criamos desperdício através de produto que o mercado não consegue absorver.
5. **Procura da perfeição:** a procura da perfeição é o objetivo de *Lean*, tal atinge-se com a melhoria contínua, mais conhecido pelo termo japonês *Kaizen*. Só se consegue atingir a perfeição se soubermos que os interesses, as necessidades e as expectativas das diferentes partes estão constantemente a serem aperfeiçoadas. A melhoria contínua tem que ser incentivada a todos os níveis da organização (Womack e Jones 1996).

2.1.4 Desperdício

O desperdício é toda a atividade que não acrescenta qualquer valor. Estas atividades são descritas pelos Japoneses com o termo de *muda*, ou seja, consomem recursos e tempo, fazendo com que os produtos ou serviços disponibilizados sejam mais dispendiosos do que o esperado. É necessário identificar, eliminar e garantir que o desperdício está completamente controlado. O desperdício pode ser identificado como **puro desperdício**, ou **desperdício necessário**, sendo que o primeiro se refere a atividades completamente dispensáveis, como por exemplo, reuniões pouco incisivas, deslocações, avarias. O segundo caso refere-se a inspeções da matéria-prima e realização de *setups*, o que não acrescenta valor identificável pelo cliente ao produto ou serviço, mas são necessários para o processo.

O desperdício por vezes é visível podendo também ser invisível conseguindo manifestar-se de formas infundáveis, resultando este sempre no mesmo, mais tempo e mais custo sem benefício.

2.1.4.1 Os três Mus

A identificação e eliminação do desperdício têm como objetivo alcançar uma condição em que a capacidade seja igual à carga, estando a balança completamente equilibrada. Isto significa que a empresa tem o número de pessoas certas, o processo correto, os materiais e as tecnologias corretas, para produzir as quantidades certas de produto ou serviço que foi solicitada para entregar atempadamente ao cliente. Quando esta situação não se verifica e a balança se encontra desequilibrada, isto pode resultar em grandes perdas para a empresa.

A gestão equilibrada e balanceada é expressa por três termos *muda*, *mura* e *muri*. Como já vimos anteriormente o *muda* refere-se ao desperdício, o *mura* refere-se às irregularidades e variabilidade dos processos, resultando numa falta de fiabilidade destes, e finalmente o *muri*, que se refere à sobrecarga, manifestando-se esta pelo excesso ou insuficiência de produção como se pode ver exemplificado na figura 3 (Imai 1997).

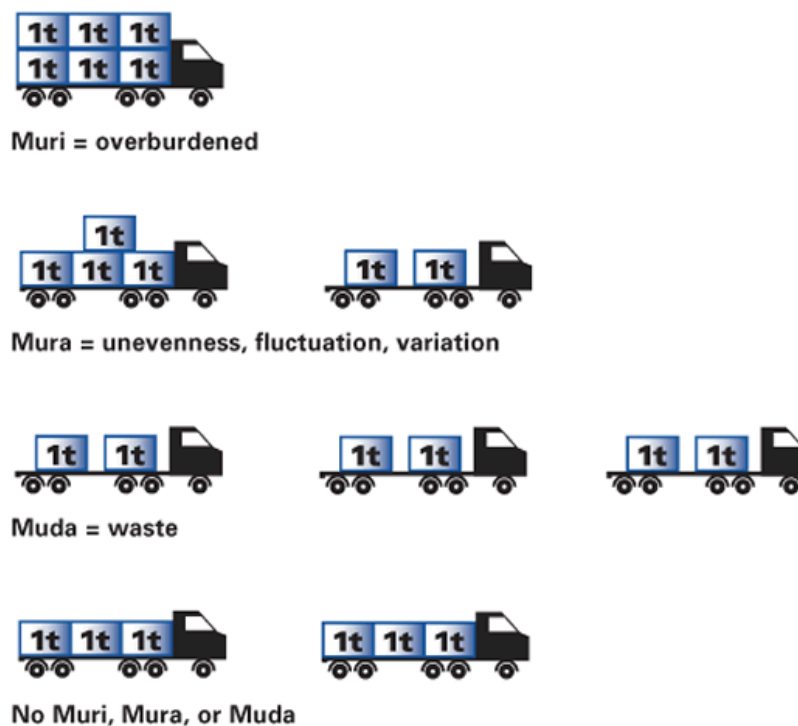


Figura 3 Os três tipos de mudas.³

2.1.4.2 Os sete desperdícios

As sete categorias de desperdício foram identificadas por Taiichi Ohno (1912-90) e Shigeo Shingo (1909-90) no desenvolvimento do *Toyota Production System*, e são as seguintes:

1. **Excesso de Produção:** Produzir mais que o necessário, refletindo-se na produção de produto para *stock* que o consumidor não necessita. Este excesso de produção vai-se

³ <http://leanvalley.eu/2010/03/986-glossario-muda-muri-mura/>

refletir no aparecimento de outros desperdícios, tais como, maior espaço de armazenamento, maiores custos de transporte, consumo de materiais e energia sem que isso tenha um retorno para a empresa.

2. **Transporte:** A movimentação dos produtos, de material ou de informação de um ponto para outro, mesmo que este seja relativamente perto, representa um custo para a empresa que não acrescenta qualquer valor ao produto.
3. **Excesso de Inventário:** O excesso de inventário faz com que o material ou produtos semi-acabados fiquem retidos por um determinado tempo em armazém/supermercado ou entre postos de trabalho. Isto vai-se traduzir em custos, pois exige mais transporte e maior capacidade de armazenamento. Por vezes existem outras causas escondidas na existência de inventário em excesso, como o problema de material obsoleto e fora de uso, assim como, material que não corresponde aos parâmetros de qualidade da empresa.
4. **Processo incorreto:** a execução de passos desnecessários que não trazem qualquer valor ao produto do ponto de vista do cliente final. A falta de treino e/ou uniformização pode causar desperdícios do próprio processo.
5. **Esperas:** Tempo não produtivo como existência de máquinas paradas, o operador a observar máquinas ou à espera de por exemplo ferramentas, fornecimento de peças, etc. Esta espera deve ser aproveitada para a execução de outras operações/tarefas.
6. **Movimentações:** As movimentações de pessoas, são tarefas que não acrescentam qualquer valor ao produto/serviço. Movimentos desnecessários são considerados um desperdício e podem resultar na sujeição dos colaboradores a danos.
7. **Defeitos:** A produção de peças com defeito ou incorreções é um desperdício. A esta situação estão associados os custos de inspeção e as queixas dos clientes. Quando os defeitos são frequentes as inspeções aumentam, refletindo-se assim, num aumento do custo do produto/serviço (Pinto 2009).

2.2 Fluxo contínuo

Fluxo contínuo é o conceito que descreve a fluidez com que um produto é processado e se movimenta de um posto para o outro. A capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente, dá uma grande atualidade ao produto, podendo assim atender muito rápido às necessidades específicas de cada cliente. Este conduz a uma elevada eficiência na produção reduzindo significativamente o *lead time*, refletindo-se também na diminuição de *stocks*, permitindo assim ter uma resposta mais rápida. É de igual forma importante referir que a qualidade de cada produto é melhorada e a comunicação entre operadores é cada vez mais sentida, pois só assim se pode ter um processo eficiente.

Desta forma é importante conhecer o *takt time*, tratando-se da definição do ritmo a que se deve produzir cada produto, de modo a satisfazer as necessidades do cliente. O *takt time* é um valor calculado a partir do tempo disponível para a produção e a procura do cliente, tendo como resultado a quantidade que deverá ser produzida para satisfazer as necessidades do cliente. A equação (1) representa a fórmula usada para o cálculo do *takt time* (Black 2007):

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produção\ diária}{Procura\ diária} \quad (1)$$

Para que o fluxo contínuo funcione é necessário um ritmo de produção estável, mix⁴ nivelado e fluxo de materiais sempre contínuos num processo puxado, estabelecendo assim as entregas regulares para o fluxo de valor.

2.3 Sistema Puxado

A cadeia de abastecimento pode ser gerida por um de dois sistemas: sistema empurrado mais conhecido por *Push System* ou por o sistema puxado, mais conhecido por *Pull System*. O sistema tradicional de produção empurrada é feito com base em previsões da procura criando assim, inventário de produto acabado que será depois empurrado para o cliente, sem que para isto haja um pedido específico de produto. Já o sistema de produção puxado reage a um pedido por parte do cliente, tendo o sistema que estar preparado para produzir todas as necessidades do cliente. Este sistema reage e dá mais rapidamente resposta às mudanças repentinas e inesperadas das necessidades do cliente. Através deste sistema é possível obter uma redução de inventário de produto na linha de montagem, como a eliminação de inventário de produto finalizado. A redução do *lead time*, dos tempos de espera e de inatividade é conseguida através do nivelamento da produção, utilizando pequenos lotes. Com o balanceamento da linha podemos empregar o operador onde este é mais necessário, e ainda usar o mesmo operador para várias operações na mesma célula de trabalho.

Este sistema apresenta vantagens no que diz respeito ao planeamento, e ao nível das operações, não havendo nunca espaço para a criação de inventário, reduzindo os custos de produção. Como desvantagem deste sistema temos a impossibilidade de haver uma produção em série.

No entanto, podem-se tirar vantagens em usar um sistema *push-pull*, podendo usar o bom dos dois sistemas. Num caso podemos jogar com economias de escala, servindo na mesma o cliente com um grau de especificação elevado. Este é um bom sistema para empresas que usam um sistema de diferenciação retardado, isto é, a forma do produto final só é especificada o mais próximo do cliente final, diminuindo assim o número de artigos ao longo da cadeia (Smalley 2004).

2.4 Ferramentas *Lean*

Atualmente existe um grande número de ferramentas e técnicas desenvolvidas para apoiar a filosofia *lean*, permitindo às organizações a aplicação de conceitos de forma a implementar a mudança.

⁴ Mistura de vários produtos

2.4.1 PDCA

O Ciclo PDCA foi utilizado pela primeira vez por William Deming nos anos 50 após a guerra no Japão. Deming ficou conhecido após o seu trabalho no Japão, onde obteve excelentes resultados no aumento de produção e aumento da qualidade dos produtos fabricados. O ciclo PDCA foi idealizado por Shewhart, mas foi Deming que o divulgou e aplicou, tornando mais clara a capacidade de melhorar continuamente os processos, obtendo assim cada vez mais vantagens no que diz respeito à gestão da qualidade dos produtos. Para Deming os quatro pontos fulcrais e que dão nome ao ciclo são:

- Plan (planejar): Definir missão, objetivos, procedimentos e processos para atingir os resultados necessários;
- Do (executar): Executar e realizar as tarefas que foram previstas na etapa do planeamento;
- Check (verificar): Monitorizar e avaliar os resultados, confrontando-os com o planeado medindo assim os desvios;
- Act (agir): Agir de acordo com o monitorizado e os resultados obtidos, realizando novos planos ou corrigindo os desvios encontrados na etapa da verificação.

Através da figura abaixo apresentada é possível verificar toda a sequência do ciclo PDCA. É importante referir que o calço é extremamente importante, pois não se pretende voltar ao ponto de partida, mas sim, melhorar continuamente.

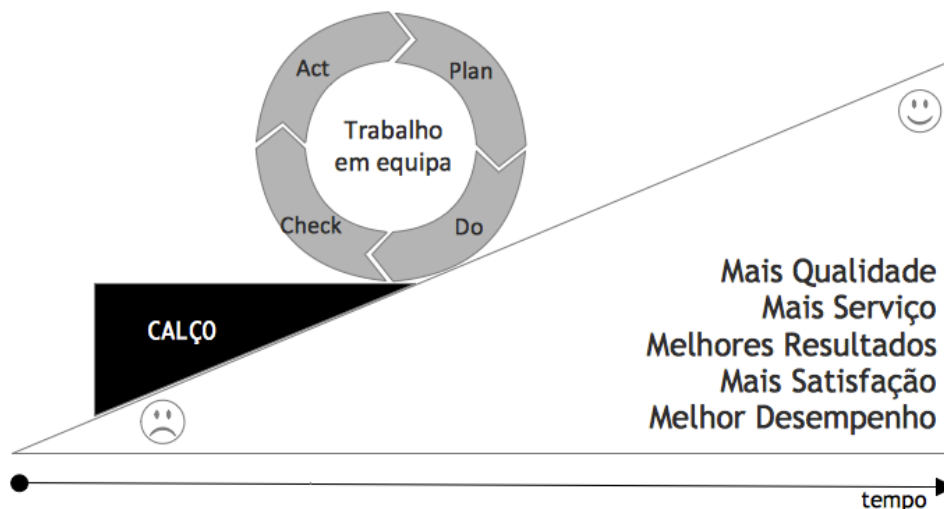


Figura 4 Melhoria contínua através do ciclo PDCA (Pinto 2010)

2.4.2 5S

A metodologia 5S surge de cinco palavras Japonesas começadas por S, sendo estas, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* que traduzido significa respetivamente, triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina. É uma metodologia que deve ser aplicada diariamente, pois tem forte repercussão no dia-a-dia do trabalhador, podendo melhorar significativamente a qualidade do local de trabalho, como o alcance de melhores índices de produtividade e de satisfação.

Separar (Seiri): o objetivo deste S é separar os materiais, objetos ou ferramentas que são mais usados no trabalho dos que não o são, deixando apenas o que é útil no posto de trabalho.

Organizar (*Seiton*): cabe a este S organizar os materiais, objetos ou ferramentas essenciais para a execução do trabalho a realizar, determinando assim onde cada ferramenta é arrumada, para que haja uma rápida e eficiente utilização da mesma.

Limpar (*Seiso*): refere-se à limpeza no posto de trabalho, ou seja, das ferramentas e dos materiais que são utilizados. Esta deve ser feita por todos os elementos em causa, sendo cada um responsável pela sua área de trabalho.

Normalizar (*Seiketsu*): o quarto S surge para definir um *standard* de asseio, arrumação e organização, incluindo os registos relativos a toda a aplicabilidade do sistema 5S's tornando este normalizado.

Disciplinar (*Shitsuke*): o último S consiste na necessidade de um trabalho contínuo, onde a procura da melhoria contínua é constante, promovendo assim a formação, a comunicação e a autodisciplina fazendo com que a metodologia 5S's seja um hábito (Hirano 1996).

2.4.3 Standard Work

O *Standard Work* é uma ferramenta que é utilizada para definir especificamente cada operação de uma forma sequenciada e cronometrada. Desta forma, a operação pode ser executada da melhor forma sem que haja divergência de operador para operador. Esta ferramenta é fundamental, pois permite que cada operador saiba exatamente o que tem que executar em cada posto de trabalho, não praticando operações de forma aleatória. Isto é importante pois permite manter os tempos de ciclos constantes, podendo assim responder às necessidades da procura. Existem três elementos para a criação de *standard work* sendo estes, o trabalho sequencial, o *takt time* e o *stock* de produto.

O trabalho sequencial é o resultado da normalização do trabalho, para que toda a linha de produção execute a operação da mesma forma, não desequilibrando os tempos reais. O *takt time*, já referido em 2.2, diz-nos a quantidade de produção diária, sendo fundamental mais uma vez, que os tempos sejam cumpridos para assim se produzir as quantidades certas. Desta forma, garante-se que não há a criação de *stock* desnecessário, tanto em produto acabado como de inventário.

Assim, a criação de *standard work* reduz a variabilidade das operações. Estes documentos devem ser claros e visualmente apelativos, para que qualquer anomalia seja facilmente detetada de modo a ocorrer imediatamente uma medida corretiva (Niebel e Freivalds 2003).

2.4.4 Heijunka

Heijunka é uma palavra Japonesa que é usada para a designação da produção nivelada, sendo fundamental para a programação da produção. O conceito *Heijunka* é simples e direto, evitando assim o congestionamento da cadeia de produção, o desequilíbrio da carga horária, um aumento de *stock*, entre outros problemas. O *Heijunka* é um dos quatro elementos fundamentais do *Toyota Production System*, sendo um dos elementos fundamentais para a conquista e alcance da melhoria contínua dos processos. Esta técnica foi desenvolvida pelos japoneses para adaptar a produção à procura, que muitas vezes é instável e bastante flutuante, mas que tem sempre que ser satisfeita. É necessário encontrar meios para nivelar os picos de procura, sem nunca comprometer o desempenho do processo produtivo. É através do

Heijunka que se consegue ter um processo contínuo de acordo com o *takt time* previamente definido, sem nunca haver nem mais nem menos quantidade requerida (Smalley 2004).

3 Descrição do Problema

3.1 Descrição do processo de produção

É importante uma descrição detalhada de todo o processo para que se possa ter uma compreensão bastante abrangente do problema encontrado.

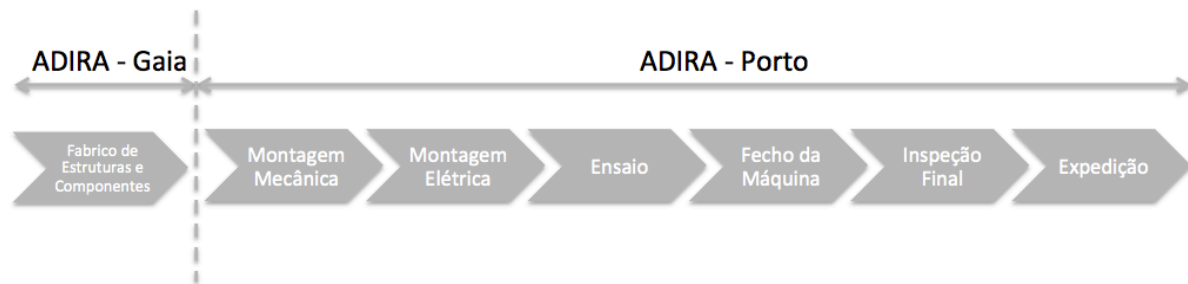


Figura 5 Fluxo do processo de fabrico de máquinas-ferramenta.

Na figura 5 podemos verificar todo o processo de fabrico de máquinas-ferramenta, desde a unidade fabril de V. N. de Gaia até a unidade fabril do Porto.

3.1.1 *Fabrico da Estrutura e componentes*

A estrutura é construída noutra unidade fabril, esta é situada em Vila Nova de Gaia, a 12 km da unidade fabril, onde se realizam todas as restantes etapas do processo. Esta estrutura é composta por vários componentes, que são soldados entre si, compondo assim a estrutura final. Todos estes componentes resultam do corte de chapas de grandes dimensões. Quando estes estão todos interligados, então a estrutura é retificada, para que esta fique com as cotas e esquadrias pretendidas.

Para além da estrutura principal do corpo, aqui também são produzidos alguns componentes, como por exemplo, as mesas que suportam as matrizes, as réguas do esbarro, etc.

3.1.2 *Montagem mecânica*

Todas as etapas do processo de fabrico são fundamentais para que a cadeia funcione da melhor maneira, mas é na montagem que se faz a assemblagem de todos os componentes. Esta pode ser dividida em pré montagem e montagem. A pré-montagem está dividida em duas partes, a montagem mecânica mais conhecida como serralharia e a montagem hidráulica. A pré-montagem funciona como um fornecedor interno à montagem. As estruturas também são fabricadas na unidade fabril de V. N. de Gaia, considerando-se também fornecedores internos. Na fase da montagem dá-se a assemblagem de todos os conjuntos e componentes que a máquina exige.

No que diz respeito à montagem mecânica esta pode ser dividida em duas partes, a pré-montagem de conjuntos mecânicos e hidráulicos e posteriormente, a montagem destes conjuntos e dos componentes ao corpo da máquina. É nesta fase que a falta de peças é constante. A alimentação de peças é feita de duas maneiras, uma através do aviamento de

peças específicas da máquina e outra através do supermercado. São sentidos problemas nestes dois tipos de fornecimento de material, pois a própria alimentação dos supermercados não surge com a frequência necessária, para que a montagem ocorra sem problemas. A alimentação através do aviamento de peças provenientes do armazém, por vezes também não é eficaz, tanto por culpa de quem as faz, como pela falta física dos componentes. Tudo isto se vai refletir na etapa da montagem mecânica, fazendo com que o montador não possa ter um processo contínuo de montagem. É de referir, que por vezes os componentes encontram-se fora da tolerância, e são montados sem que haja um controlo de qualidade prévio.

3.1.3 Montagem Elétrica

A eletrificação da máquina é realizada por subcontratação de uma empresa externa, responsável pelo fabrico dos quadros elétricos de cada máquina. Os quadros são acoplados às máquinas e posteriormente são ligados todos os componentes eletrónicos. Esta é uma etapa importante onde não podem ocorrer falhas, correndo o risco de serem mal ligados componentes fundamentais ao funcionamento da máquina.

A única responsabilidade da ADIRA consiste em realizar o fornecimento de material para a eletrificação da máquina. Este fornecimento é feito através do armazém elétrico, sendo todos os componentes colocados no posto de montagem da respetiva máquina. Nesta fase, as faltas de material por vezes também são sentidas, trazendo grandes problemas a todo o processo. É de referir também que são introduzidas, involuntariamente, várias não conformidades no processo de montagem da máquina, pois todo o processo de eletrificação da máquina é bastante minucioso e de grande responsabilidade. Nesta etapa é exigida uma grande concentração, pois um erro pode levar à perda de bastante tempo nas fases seguintes, à procura da sua origem. Esta etapa é executada através da observação do esquema elétrico (Anexo D) que indicam quais as ligações que estes tem que fazer, e que fichas a ser produzidas. Por vezes não existe um ambiente apropriado para a prática das funções dos eletricistas, ou seja, é evidenciada alguma confusão durante esta etapa, muito por esta estar a ser executada no posto de montagem, e não num local onde as condições são mais propícias à concentração necessária para a realização desta etapa. Por estes motivos enunciados existe a necessidade de correção de diversos erros. A necessidade de voltar à máquina onde foi encontrado o problema, por si só, pode levar à ocorrência de outros no trabalho que este esteja a ser executado no momento. A falta de material para o seguimento do seu trabalho leva por vezes ao abandono do posto de trabalho passando para outra máquina que esteja na fase da eletrificação.

3.1.4 Ensaio

O ensaio é uma etapa bastante importante e de grande preocupação. É nesta fase que a máquina vai ganhar movimento e vão ser testados todos os parâmetros. O ensaio é necessário, pois a máquina é afinada e customizada para cada cliente. A afinação da máquina passa por fazer ensaios mecânicos e afinar todas as componentes mecânicas que a máquina leva. Já a customização é feita ao nível das ferramentas e funções que esta possa levar como extra a pedido do cliente.

A etapa dos ensaios é a etapa onde são verificadas todas as funcionalidades de acordo com as especificações, e onde se detetam as várias não-conformidades que foram introduzidas ao longo do processo (montagem e componentes), tornando esta fase uma das mais

demoradas. Por vezes, é o ensaiador que tem que refazer a montagem mecânica, esperar pela substituição do componente ou esperar que a montagem seja feita corretamente. É aqui que também que se encontram todas as ocorrências ao nível eletrónico, sendo que o ensaiador muitas vezes não tem conhecimento suficiente para a resolução do problema, havendo assim a necessidade de alguém com conhecimentos ao nível de *software*.

3.1.5 Fecho da máquina

O fecho da máquina surge depois do ensaio, embora algumas das blindagens só sejam colocadas depois da inspeção final. Cabe a esta etapa “vestir” a máquina com todas as blindagens e chapas informativas de uso da máquina.

Em seguida, realiza-se o fecho da máquina, que consiste na colocação de todas as blindagens que a máquina contém. Esta etapa é bastante demorada, pois o chapeiro tem que posicionar as blindagens no corpo da máquina, fazer a furação, montar as blindagens. Por último as blindagens são retiradas da máquina para serem pintadas ficando prontas para a colocação definitiva na estrutura da máquina.

3.1.6 Inspeção Final

A inspeção final é uma etapa estritamente necessária, onde ocorre a verificação de todas as normas de segurança. Esta etapa consiste no manuseamento da máquina, para verificação de vários tipos de funcionamento da mesma. É também nesta fase que são verificados todos os acabamentos e a existência de todos os componentes que a máquina deve conter. É da responsabilidade de quem executa esta etapa, imprimir todos os parâmetros de funcionamento e livro de instruções. A máquina só está pronta para ser entregue ao cliente se todos os parâmetros mecânicos, eletrónicos e os respetivos acabamentos forem verificados na inspeção final.

A inspeção final é a fase já terminal de todo o processo. Aqui são verificados parâmetros introduzidos na etapa do ensaio, como testado modos de funcionamento da máquina. Todos os testes de segurança e verificações de montagem mecânica e elétrica são executados nesta fase, sendo depois registados em um documento que acompanha a máquina em todo o seu processo. Quando todas as operações da inspeção final são executadas e a máquina encontra-se em condições de ser expedida é da responsabilidade desta fase fazer um *backup* dos parâmetros que a máquina contém, assim como a impressão destes para acompanhamento da máquina. A máquina só pode ser embalada depois de esta cumprir todos os requisitos da inspeção final.

3.1.7 Expedição

A expedição é a última fase do processo, é quando são acondicionados todos os componentes da máquina, para que esta chegue em segurança ao cliente. As máquinas *standards* são enviadas completamente montadas no entanto, as máquinas especiais, dependendo da dimensão, são enviadas desmontadas e posteriormente montadas no cliente.

A última etapa deste processo é o embalamento da máquina, que nesta fase é devidamente preparada para posteriormente ser colocada no contentor ou no camião, dependendo do meio de transporte que for usado na sua expedição. A máquina é normalmente

enviada montada, mas em alguns casos tem que ser transportada em secções, constituindo então para estas máquinas a instalação no cliente a última fase. É na fase da Expedição que são dados todos os retoques finais na máquina e se verifica se todas as ferramentas fundamentais à instalação da máquina no cliente, estão na carga a ser expedida e bem acondicionadas.

3.2 Situação inicial

Atualmente o processo de fabrico das quinadoras *standard* encontra-se em reorganização, devido à transição para uma nova estratégia *push-pull* implementada no fabrico de máquinas *standard*. A falta de procedimentos sobre a montagem e a inexistência de um modelo único para o ensaio e para a inspeção final, fazem com que este processo tenha que ser organizado.

É importante referir que o plano de produção está constantemente a ser alterado e o que é urgente hoje, amanhã já não o é, fazendo com que os trabalhadores, estejam constantemente a trocar de máquina. Isto não é uma estratégia produtiva, pois a troca constante de trabalhador faz com que haja falhas em todas as etapas e a comunicação por vezes não se verifica, deixando coisas inacabadas. Isso é também consequência da falta de instruções de trabalho detalhadas de cada operação. A existência de instruções de trabalho permitem que, as operações ao serem deixadas a meio, possam ser reatadas por outra pessoa sabendo exatamente a sequência seguinte. Isto é também a causa da introdução de não conformidades já referidas anteriormente.

3.3 Super pré-montagem e customização

De trabalhos realizados anteriormente surge um novo modo de fabrico de máquinas-ferramenta *standard*, que é oportuno apresentar nesta fase, pois vai ter influência na consideração do peso que a fase do ensaio tem no processo.

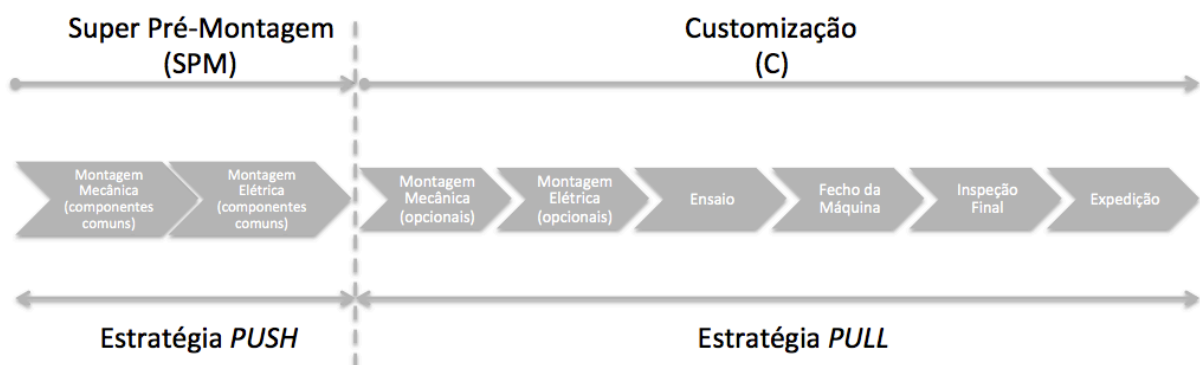


Figura 6 Processo de fabrico de máquinas-ferramenta *standards*.

O modelo que se pretende implementar está representado na figura 6, e tem por base, a montagem de todos os componentes comuns para as várias gamas e para os vários modelos, na super pré-montagem. A super pré-montagem tem por base uma filosofia *push*, havendo por isso um supermercado de estruturas com todos os componentes comuns já assemblados à espera da definição de cliente. Depois de ser atribuído um cliente à máquina esta é personalizada de acordo com o especificado pelo cliente, procedendo-se assim a fase da

customização. Esta é então a fase onde todos os opcionais que o cliente pode escolher, são instalados na máquina. A fase da customização tem por base uma estratégia *pull*, sendo para isto fundamental um *lead time* bastante reduzido.

Como se pode ver através da figura 6 a fase do ensaio apenas entra na customização, pois como descrito anteriormente, esta fase apenas ocorre quando a máquina já se encontra perfeitamente definida e montada com os componentes mecânicos e elétricos que o cliente pretende.

3.4 Customização da máquina

As quinadoras da gama PM estruturalmente são constituídas na sua forma mais simples com os eixos Ys e X, podendo adaptar estas com os eixos Zs assim como os Rs. Os eixos Ys dizem respeito ao movimento realizado pelo avental da máquina já os outros eixos, dizem respeito ao esbarro. No que diz respeito à mesa de quinagem esta pode ser adquirida como mesa bombeada controlada pelo CNC, ou mesa *standard*. A mesa bombeada compensa a quinagem relativamente a deformação imposta pelo avental, conseguindo assim obter o mesmo ângulo de quinagem para todo o comprimento de quinagem. A segurança é para muitos países um opcional prescindível, sendo que para estas operarem na Europa obrigatória devido a norma de segurança Máquinas. Devido ao facto de a ADIRA fornecer o mundo inteiro, a segurança torna-se um opcional. Quanto aos comandos numéricos, estas podem ser equipadas com o modelo Cybelec 880s ou com o comando numérico ESA AD control 10, sendo que este pode ser ou não gráfico (Anexo B).

3.5 Descrição com maior detalhe da situação do ensaio

A etapa do processo onde a máquina é, pela primeira vez, posta à prova é no ensaio, é aqui, que esta vai ganhar movimento e é deixada a trabalhar no seu máximo potencial.

O ensaio é uma etapa do processo que requer mão-de-obra especializada em três grandes áreas, mecânica, elétrica e ao nível do *software*, pois só desta forma é possível identificar todas as não-conformidades que advêm das etapas anteriores, assim como dos próprios fornecedores. É nesta fase que todos os problemas mecânicos, que não foram detetados na etapa da montagem, são identificados, fazendo com que os ensaios parem para o problema mecânico seja solucionando. Estes problemas por vezes não são de fácil solução e implicam desmontar partes inteiras da máquina. Os problemas elétricos também são constantes, pois como já foi referido, a eletrificação é uma das etapas onde a probabilidade para a ocorrência do erro é maior. Estes erros também só são identificados na etapa do ensaio, pois é só aí que se verifica se os componentes elétricos ou mecânicos respondem da forma esperada. A instalação do *software* nos diferentes tipos de hardware (Anexo B) que a máquina contém é um processo complexo, pois há sempre a necessidade de verificar versões de hardware, para assim se proceder a correta instalação de software. A utilização de diferentes comandos numéricos (Anexo B) faz com que o conhecimento dos ensaiadores tenha que ser vasto, acabando por vezes por não conseguirem trabalhar bem com alguns modelos usados na máquina, tendo que haver sempre um tempo de adaptação do ensaiador ao comando numérico que está instalado na máquina. A cópia de parâmetros para os comandos numéricos, necessários para o arranque da máquina, é também um dos problemas sentidos no processo de ensaio, devido à propensão a erros. Os parâmetros deviam ser copiados da rede informática da empresa, o que não acontece, sendo sempre descarregados da máquina mais semelhante à que

estão a ensaiar no momento, e podendo correr o risco de estar a copiar parâmetros que não estejam corretos para inicialização do ensaio.

Verificou-se que é nesta fase onde se encontra o gargalo do processo, que existe um défice de ensaiadores, acabando por haver bastantes máquinas (*standards* e especiais) para apenas três ensaiadores disponíveis.

A constante mudança de máquina faz com que por vezes percam tempo a ver o que já foi executado ou falta executar. Isto acontece pois os ensaiadores por vezes são colocados em máquinas que estão semiacabadas fazendo com que não consigam dar seguimento ao trabalho. Embora existam documentos da inspeção da máquina, denominados registos de inspeção (RI) (Anexo C), estes não contêm todos os passos que o ensaiador tem que executar em todo o processo de ensaio da máquina. Existe escassez de algumas ferramentas e do material de ensaio, o que provoca mais uma vez pausas por falta de material não dando seguimento ao ensaio. Existem muitos fatores que tornam esta etapa do processo uma das mais demoradas, pelo que esta tem um grande potencial para ser melhorada.

Na unidade fabril ADIRA Porto, o tempo médio de cada etapa do processo é apresentado na figura seguinte.

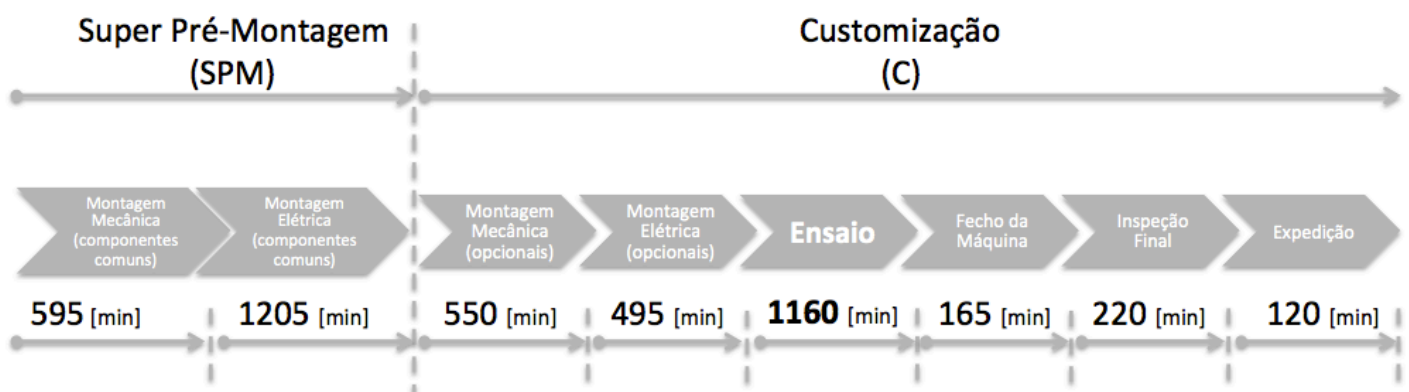


Figura 7 Etapas do processo de fabrico e tempos respetivos.

Como podemos verificar pela figura 7 a etapa do ensaio demora 1160 minutos, contribuindo em 43% para o *lead time* de resposta ao cliente, depois de ele ter especificado a customização, sendo o objetivo desta dissertação a redução deste tempo de ensaio na ordem dos 40%, passando a ter uma duração de cerca de 696 minutos.

4 Abordagem ao problema

Neste capítulo é referido como foi desenvolvida toda a abordagem ao processo de resolução de redução de tempo na etapa dos ensaios das quinadoras *standards*. Foram usadas várias ferramentas *lean* na resolução de problemas, tais como, a aplicação de gestão visual, 5S e *Standard Work*. Foi também trabalhado o processo de montagem, através da reengenharia do processo, tendo sempre em vista a fase de ensaio, potenciando assim um grande redução do tempo das operações.

4.1 Análise inicial do ensaio das quinadoras *standards*

De modo a perceber toda a etapa dos ensaios, fez-se um estudo visual da mesma, onde se pôde verificar todas as dificuldades sentidas pelos ensaiadores em todo o processo. Junto destes foram observadas e identificadas as várias operações que constituem a etapa de ensaio, desde a simples leitura do processo até à última fase do ensaio. Foram analisadas todas as necessidades e deslocamentos do ensaiador, assim como todos os problemas com que estes se deparam durante o ensaio. Através desta análise foi possível a identificação e eliminação de todo o desperdício e a filtração do que é valor acrescentado a cada operação do ensaio.

Para a abordagem do problema foi considerado um *takt time* de 460 minutos calculado da seguinte forma:

$$TT = \frac{460 \text{ min}}{1 \text{ máquina por dia}} = 460 \text{ min} \quad (2)$$

Para a consideração do valor do *takt time* de 460 minutos, foram retiradas às 8 horas (480 minutos) de trabalho diário as pausas dos colaboradores. O número de máquinas a produzir, foi estabelecido pela empresa, sendo o objetivo o fabrico de uma máquina *standard* por dia.

4.2 Etapas de implementação de ferramentas *lean*

Depois de conhecidas todas as operações executadas durante a fase do ensaio, procedeu-se à medição concreta dos tempos de operação e sua caracterização.

4.2.1 Medição de tempos

A medição de tempos fez-se do modo presencial através do uso de um cronómetro. É importante realçar que as medições foram feitas por máquina e não por ensaiador, sendo que das quatro máquinas que foram objeto de análise, em três houve a necessidade de trocar de ensaiador. As máquinas em análise também não eram semelhantes na sua constituição. Estas diferenças estão evidenciadas na tabela 3.

Medição	Código Máquina	Gama	Modelo	Segurança	Comando Numérico	Mesa	Eixos
1	QU0-0067-32-0413	PM	16040	Sim	Cybelec 880	Bombeada	X/R/Z12
2	QU0-0064-32-0420	PM	16030	Sim	Cybelec 880	Bombeada	X/R
3	QU0-0063-32-0422	PM	13530	Sim	AD 10	Standard	X
4	QU0-0064-32-0424	PM	16030	Sim	AD 10	Standard	X

Tabela 3 Constituição das máquinas analisadas.

Como podemos verificar, as máquinas observadas, não contêm o mesmo tamanho, carga, comando, tipo de mesa e o número de eixos motorizados. A única característica comum é a segurança, que está sempre presente nas quatro máquinas analisadas. Estas diferenças, que poderiam, à partida significar grandes variações no tempo das operações a executar, não tiveram grande influência, como vamos verificar mais a frente.

Na medição de tempos foram considerados o tempo de realização das operações, deslocações necessárias para a realização da operação, resolução de problemas diversos, pausas e desperdício tais como esperas, conversa, deslocações sem razão aparente, ver estado do ensaio, ajuda de terceiros, etc. Nenhuma das operações medidas tem um tempo inferior a 5 minutos, como podemos verificar no Anexo H. O número de medições ideais depende do tempo de ciclo como se encontra evidenciado na tabela 4.

Tempo de ciclo (min)	Medições recomendadas
5.00- 10.00	10
10.00- 20.00	8
20.00- 40.00	5
40.00- acima	3

Tabela 4 Medições recomendadas para os diversos tempos de ciclo adaptado (Niebel e Freivalds 2003).

Para que os resultados tivessem uma maior relevância, seria necessário efetuar em alguns casos um maior número de medições do que as realizadas, no entanto, no tempo de

duração do projeto só foi possível a realização de quatro medições, dado o elevado número de operações a medir em cada ensaio e a duração prolongada. Inicialmente surgiram alguns entraves colocados pelos operadores, tornando necessário demonstrar a importância da realização de medições, ou seja, estas não eram prejudiciais ao seu trabalho, mas sim fonte de futura melhoria. De realçar que uma das medições (422) foi realizada a um ensaiador em processo de formação, não estando completamente familiarizado com todas as operações. Isto reflete-se no valor de algumas medições, sendo estas consideradas como *outlayers* no decorrer deste projeto.

4.2.2 Classificação das operações observadas

Após a medição de tempos foi necessário fazer uma avaliação de todas as operações observadas, e agregar estas em operações de relevância para todo o processo de ensaio. Foi também possível classificar o que seria valor acrescentado para a operação e tudo aquilo que era desperdício. Esta classificação permitiu assim nomear todas as operações do ensaio de acordo com aquilo que teria que ser executado e a que componente ou parâmetro da máquina dizia respeito a operação. Na tabela 5 podemos verificar quais a classificação atribuída a cada tarefa, assim como o tempo que a operação demora em cada parte.

	Descrição	Tipo de operação	Registro	Verificação/ Comando numérico	Mecânica
Op. 1	Registos no R.I.		36		
Op. 2	Montagem de válvulas e manómetros				14
Op. 3	Instalação de software e de parâmetros da máquina			60	
Op. 4	Arranque da máquina			36	
Op. 5	Indexar avental			15	13
Op. 6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação			6	10
Op. 7	Afinação de sensor de segurança frontal laser safe				23
Op. 8	Colocação de ferramenta (punções e matriz)				15
Op. 9	Centragem da mesa				31
Op. 10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão			12	
Op. 11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio			10	
Op. 12	Auto tuning (apenas para comando numérico ESA)			24	
Op. 13	Verificação do funcionamento da máquina			20	
Op. 14	Verificação de velocidade, tempos e distância de paragem			27	
Op. 15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem			5	24
Op. 16	Corte de chapa				60
Op. 17	Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)			13	35
Op. 18	Arranque do esbarro			20	
Op. 19	Afinação da mesa do esbarro				55
Op. 20	Afinação dos eixos do esbarro			25	50
Op. 21	Verificação de funções			25	
Op. 22	Selar válvulas e retirar manómetros				8

Tabela 5 Classificação das operações da etapa do ensaio e respetivos tempos médios (minutos).

Podemos assim verificar que as operações que constituem o ensaio envolvem operações de registo, de verificação e parametrização no comando numérico e operações mecânicas. O registo diz respeito a todos os registos de inspeção necessários no documento da máquina. As verificações / comando numérico dizem respeito a todas as operações que incluem verificações tanto na máquina, como o manuseamento do comando numérico e a introdução de parâmetros no mesmo. As operações mecânicas dizem respeito às operações que envolvem o manuseamento da máquina, tais como a montagem e afinação.

Há operações, como por exemplo, os ensaios de trabalho, que contêm uma componente bastante mecânica, pois, é nesta operação, que é afinada a quinagem e a precisão desta. Esta operação é uma operação onde é necessário a introdução de parâmetros, para que haja uma correta afinação. No final da operação é necessário o registo da informação relativa ao estado final dos componentes mecânicos. O tempo referente à operação 16 foi fornecido pela empresa, pois está não foi realizada durante as medições.

4.2.3 Avaliação das operações observadas

Foi possível verificar que é necessário intervir nas várias operações que constituem o ensaio, isto é, o processo não está atual nem eficiente. Temos como exemplo disso os registos de inspeção que têm que ser preenchidos ao longo do processo, tendo muitas vezes informação que não se encontra atualizada de acordo com a ferramenta usada. A ferramenta de ensaio em algumas situações não se encontra no posto de montagem, sendo o ensaiador que tem que ir buscar e transportar para o posto de trabalho. Existe também um défice de ferramentas de trabalho havendo a necessidade de procurar quem as possa disponibilizar.

Repensar o controlo de qualidade e os processos na montagem das quinadoras é fundamental, pois são necessários muitos retrabalhos na execução das operações de ensaio. A operação referente à centragem da mesa, assim como a afinação da mesa do esbarro, são operações que poderiam facilmente deixar de existir na etapa dos ensaios. Estas passariam a ser montadas de uma forma definitiva, sem que fosse necessário a sua afinação.

A criação de um posto onde se possa fazer a instalação de todo o *software*, assim como a introdução dos parâmetros corretos para iniciação do processo de ensaio, é fundamental para a redução de tempo na etapa do ensaio. A operação corte de chapa nem sempre é executada, pois por vezes, existe chapa cortada devido aos ensaios de guilhotinas. É aproveitada esta operação do ensaio das guilhotinas para cortar chapas de grandes dimensões em chapas com as dimensões para ensaio de quinadoras. Esta operação de corte de chapa pelo ensaiador deve ser eliminada, pois é fundamental que todos os meios sejam disponibilizados para que o ensaiador desempenhe a sua função sem paragens. Esta operação pode ser alocada noutra fase do processo, passando a chapa a ser tratada como um produto de supermercado, tendo que ser reposto pelos responsáveis pela alimentação dos mesmos.

4.3 Análise dos Resultados

Da análise de tempos podemos quantificar o que representa todas as partes constituintes do processo, podendo assim obter valores para o ensaio propriamente dito, e das operações que o constituem, mas também, de todo o desperdício que está presente na realização deste.

Os valores das medições do desperdício de cada máquina encontram-se na tabela 6.

Tipo de desperdício	Máquina				Média S/ Outlayer	Média C/ Outlayer	Desv.P S/Out.
	413	420	422	424			
Deslocações (min)	47	42	86	71	62	62	21
Problemas mecânicos (min)	7	560	88	65	53	180	42
Problemas elétricos (min)	190	238	55	69	138	138	90
Problemas hidráulicos (min)	0	0	0	8	2	2	4
Problemas comando numérico (min)	7	3	0	8	5	5	4
Outros desperdícios (min)	115	345	475	244	235	295	115
Pausas (min)	0	61	107	47	54	54	10
Tempo total de desperdício (min)	366	1249	811	512			

Tabela 6 Tempos dos tipos de desperdício de cada ensaio.

Na tabela 6 podemos verificar os valores que foram retirados (*outlayer*), por terem sido casos que a sua ocorrência é pouco frequente. Estes valores são os que se encontram a vermelho. Pode-se observar que os valores do desvio padrão, são bastante elevados, o que podemos concluir que é necessária a estabilização destes, e a intervenção na redução dos mesmos.

O campo dos outros desperdícios é referente a todo o desperdício que não esteja ligado a defeitos, pausas, deslocações para a aquisição de ferramentas ou material de trabalho. Este inclui valores de esperas, desperdício do próprio processo, movimentações não justificáveis etc. Exemplo deste tipo de desperdício é a ajuda que os ensaiadores têm que dar uns aos outros, acabando por um ficar à espera de ajuda para dar seguimento ao seu trabalho e o outro por abandonar a operação que estava a executar.

Os problemas mecânicos muitas vezes são verificados devido à má montagem dos componentes, obrigando o ensaiador a fazer pequenos ajustes na máquina, para que esta fique devidamente montada. Estes embora tenham valores significativos, por vezes não se fazem sentir, como no ensaio da máquina 413.

Os problemas elétricos são constantes e com uma média bastante elevada, cerca de 138 minutos. Podemos verificar que para as máquinas com comando numérico cybelec (413 e 420) os valores são significativamente mais elevados do que para as máquinas com comandos numéricos da ESA AD control 10 (422 e 424). Isto deve-se ao facto de os comandos numéricos da cybelec necessitarem do fabrico de mais cabos, o que faz aumentar o número de

erros introduzidos, quando do fabrico dos mesmos. O tempo também é superior pois a procura do erro também é mais demorada precisamente pelo maior número de fichas a verificar.

	AD control 10	Cybelelec 880s	Parciais	
			AD10	Cybelelec
Fichas base	51	59	51	59
Segurança	8	8	59	67
Mesa bombeada	1	1	60	68
Eixos Rs	8	8	68	76
Eixos Zs	8	10	76	86

Tabela 7 Numero de fichas para cada constituição e por comando numérico.

Os Problemas hidráulicos e de comando numérico não tem qualquer expressão no tempo total. Sendo os fornecedores de grande confiança e fiabilidade, esta reflete-se na ausência de problemas nestes dois campos.

Os valores das medições das operações do ensaio são apresentados na figura 8,

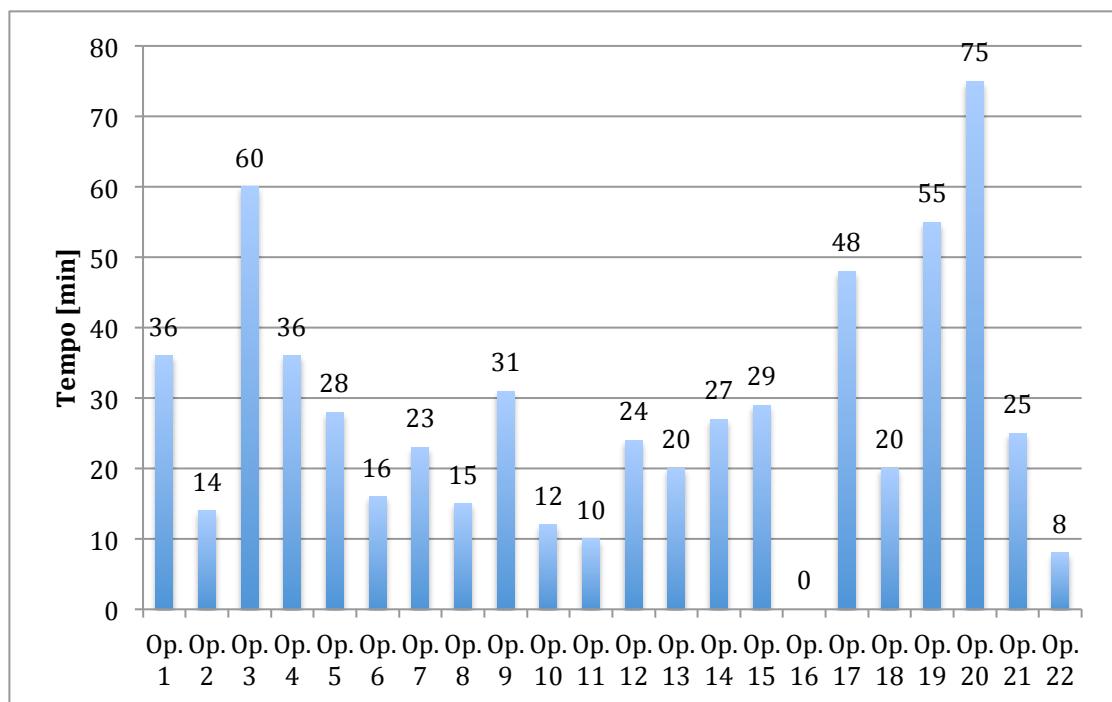


Figura 8 Tempo médio das operações do ensaio.

A figura 8 mostra o tempo médio de cada operação, relativo às quatro medições efetuadas. A operação 16 não tem qualquer valor pois em nenhuma das medições esta operação ocorreu, pois existia chapa pronta a ser utilizada.

Já a figura 9 mostra o valor das operações, dividido pelo que é valor acrescentado e o que é muda dentro de cada operação. Pode-se verificar que apenas existe retrabalho e esperas dentro de cada operação.

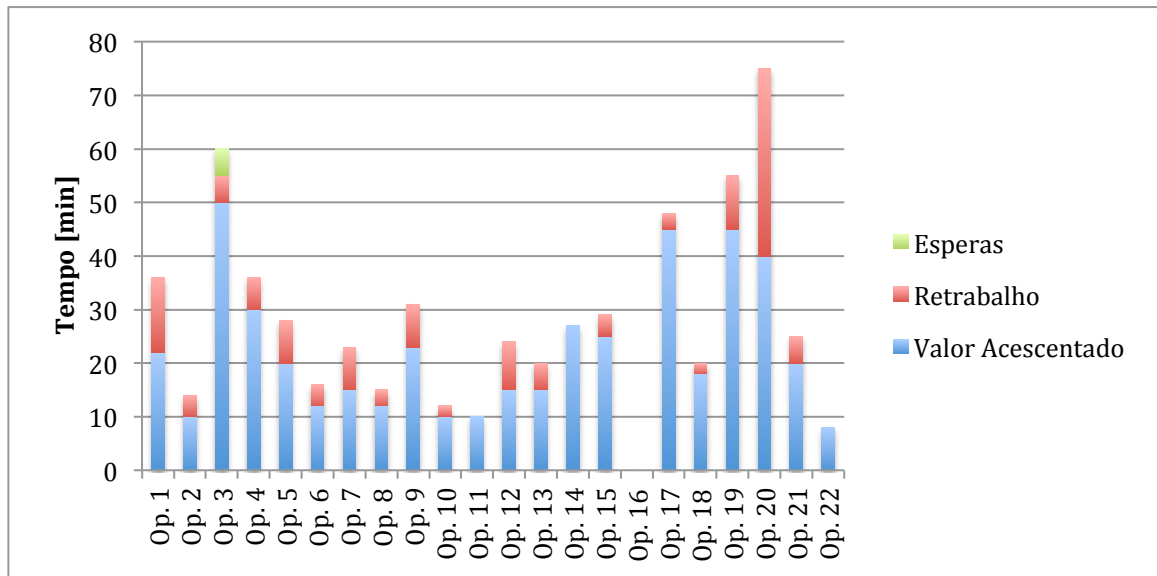


Figura 9 Tempo médio das operações, separadas por tipo.

O tempo total de todas as partes que constituem o ensaio estão indicadas na figura 10.

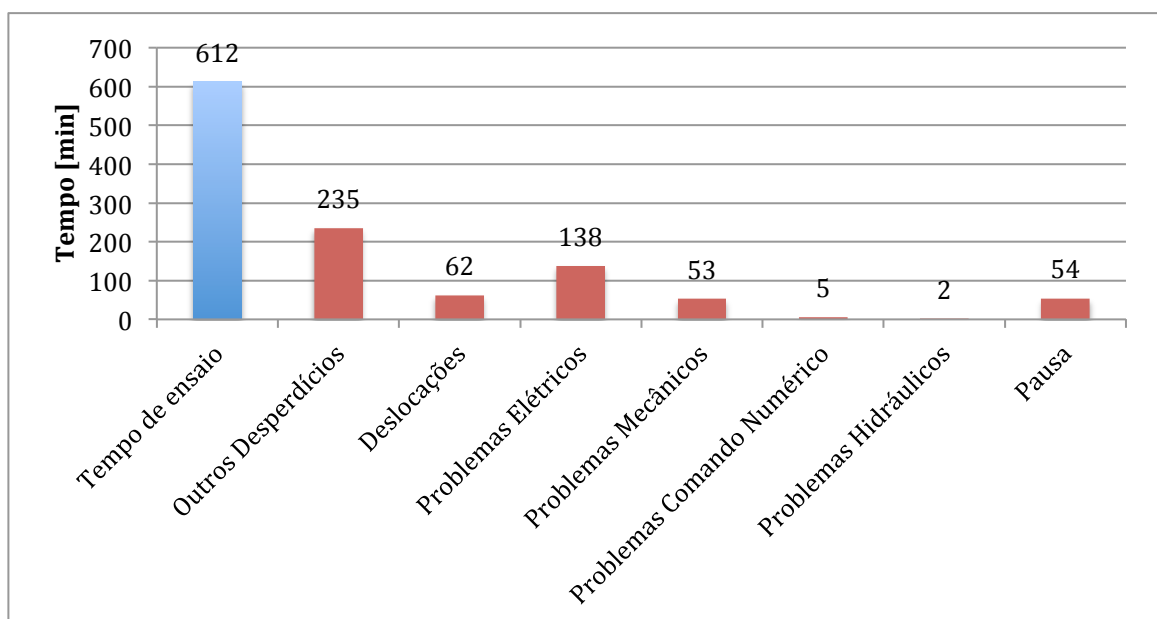


Figura 10 Tempo médio dos ensaios medidos.

A figura 10 contém os tempos médios do ensaio (tempo útil) assim como de todo o tipo de desperdício, problemas e pausas. Estes encontram-se separados por cores sendo o azul para valor acrescentado e vermelho para tempo sem valor acrescentado. Aos problemas foram retirados os tempos com grandes desvios, devido à natureza desses problemas. Para os problemas mecânicos foi retirada a medição mais elevada. O problema mecânico ocorrido na máquina 420 é bastante raro, traduzindo-se no desperdício de tempo na tentativa de resolução, tendo acabado por levar novo componente. O mesmo aconteceu nas outras deslocações, tendo sido eliminado o valor da máquina 422, devido ao facto de este ter sido bastante elevado e fora do normal.

A partir da média de tempos dos ensaios realizados, podemos verificar que o tempo médio total na máquina é cerca de 1161 minutos. O tempo de ensaio representa cerca de 612 minutos, representando cerca de 53% do tempo total. Isto demonstra que metade do tempo do ensaio é desperdício. Este desperdício é devido a vários fatores, retrabalho, deslocações, falta de controlo de qualidade, falta de conhecimento, e outros fatores da mesma relevância.

4.3.1 Identificação do desperdício e problemas

Foram identificados todos os desperdícios detetados no decorrer do ensaio. Os tipos de desperdício mais sentidos são então o transporte de material necessário ao ensaio, as movimentações que o ensaiador realiza durante o ensaio, as esperas de material e ferramentas para a execução das operações, a execução incorreta da operação e muitas vezes o retrabalho de operações de fases a montante. A necessidade de troca de informação sobre o processo de ensaio é muito usual evidenciando mais uma vez a necessidade de formação e informação.

Os problemas que surgem no decorrer do processo, mais não são do que defeitos introduzidos em etapas anteriores ou falta de controlo de qualidade dos componentes que são montados na máquina. Os problemas podem ser classificados em quatro grandes áreas: mecânico, elétrico, hidráulico e comando numérico. Estes problemas obrigam a que tenham que ser verificadas e executadas novamente as operações de fases a montante, obrigando ao retrabalho das mesmas.

A média dos tempos medidos para cada um dos tipos de desperdício é apresentada na figura 11.

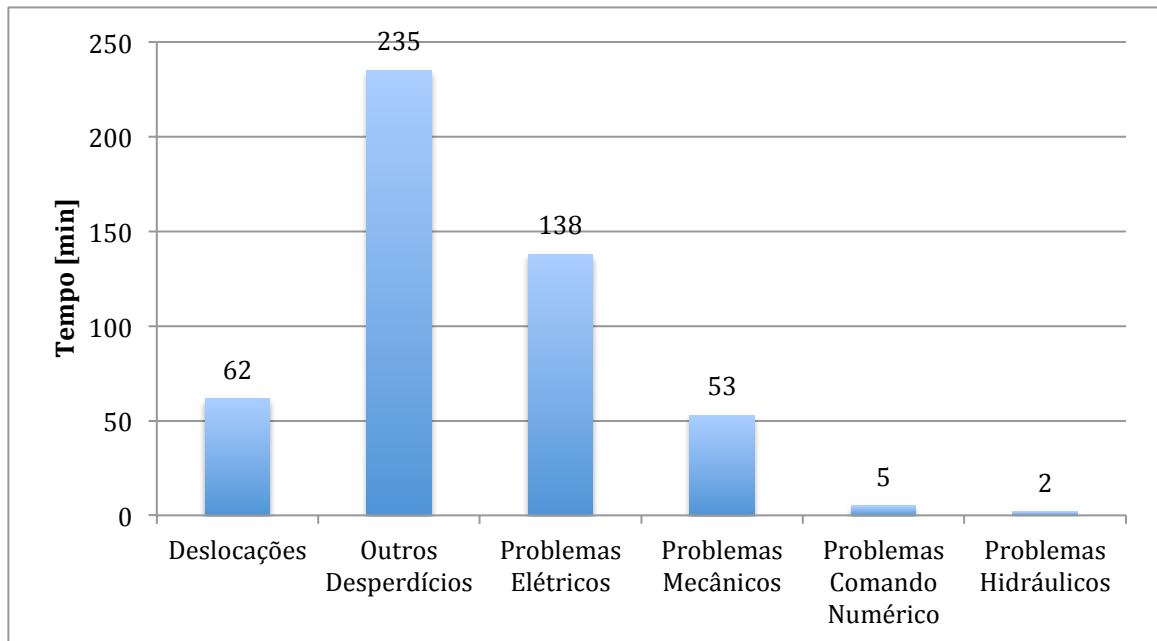


Figura 11 Tempo médio dos desperdícios presente no ensaio.

Como podemos verificar pela figura 11, o tempo médio do desperdício, é bastante elevado, tendo este o seu maior valor nos outros desperdícios.

4.4 Priorização

Depois da medição de tempos das operações, da classificação, da quantificação e identificação do desperdício, optou-se por uma priorização na resolução dos problemas encontrados.

Para a priorização destes, foi tomada em conta o grau de dificuldade de implementação e os recursos disponíveis para a resolução dos mesmos.

No que diz respeito às operações de ensaio foram escolhidas as operações que, apenas com a reformulação do processo, podem tornar-se mais simples e consequentemente mais curtas.

Relativamente aos desperdícios, optou-se por dar prioridade os que facilmente se conseguiria reduzir com a reorganização dos postos de trabalho e a criação de instruções de trabalho. Sem menos importância, foi-se arranando soluções viáveis para a eliminação do retrabalho sentido nos diversos problemas mecânicos e elétricos, assim como reformulação das operações de ensaio.

De forma a ordenar os problemas a resolver, foi criada a seguinte lista de prioridades:

- Deslocações;
- Outros desperdícios;
- Problemas mecânicos;
- Problemas elétricos;
- Operações do ensaio;
- Reengenharia do processo de montagem.

5 Soluções propostas

Depois da análise dos tempos de ensaio e da constatação que o desperdício é bastante representativo em toda a etapa, foi necessário intervir no sentido de tentar minimizar todo este desperdício e tornar todo o processo mais produtivo, reduzindo assim o *lead time* da fase do ensaio, assim como de todo o processo.

5.1 Abordagem ao desperdício e problemas

Verificamos que o desperdício representa em média cerca de 47% do tempo total na máquina. Com uma expressão tão elevada é urgente intervir sobre a sua eliminação. Os fatores para que estes tenham uma expressão tão elevada no tempo total, são vastos e muitas vezes de difícil identificação. É essencial ter a percepção de que todo o trabalho executado na etapa do ensaio é manual, o que leva, muitas da vezes, a executar as operações com uma eficiência menor. O constante aparecimento de problemas resultam em desmotivação, originando um desprendimento da execução da tarefa ou operação inicialmente proposta.

5.1.1 Eliminar desperdício

O desperdício pode ser identificado de diversas formas, existindo tipos de desperdício já enunciados anteriormente. Para este subcapítulo apenas se vai considerar as deslocações, esperas, movimentações despropositadas, desperdício do próprio processo, etc.

5.1.1.1 Deslocações

As deslocações, com um tempo médio de 62 minutos, representam cerca de 5% do tempo total de ensaio. O primeiro passo foi definir todo o material necessário à realização do ensaio de quinadoras *standard* e organizar estes na linha de produção. A tabela seguinte mostra o material necessário ao ensaio e as operações em que este é fundamental. Apenas referir que o carro de ferramentas engloba todas as ferramentas como por exemplo: chaves *allen*, chaves de fendas, suta, relógio comparador, fio elétrico, etc. Já os outros itens estão perfeitamente caracterizados.

	Calços	Equipamento de medição	Ferramenta do carro de	Escadas	Macaco hidráulico	Manómetros	Chapas para ensaio	Computador
Montagem de válvulas e manómetros			X	X		X		
Instalação de <i>software</i> e de parâmetros da máquina								X
Indexar avental	X							
Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação			X					
Afinação de sensor de segurança frontal laser safe			X					
Colocação de ferramenta (punções e matriz)			X					
Centragem da mesa			X					
Calibração de pressões de trabalho e contra pressão			X	X				
Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio			X					
Verificação de velocidade, tempos e distância de paragem		X						
Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem			X					
Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)			X				X	
Afinação da mesa do esbarro			X		X			
Afinação dos eixos do esbarro			X					
Selar válvulas e retirar manómetros			X	X				

Tabela 8 Elementos necessários à realização das operações.

A identificação do material é essencial para a eliminação de deslocações para a aquisição de material. Procuramos separar o material por postos de trabalho, tais como os calços de calibração e escadas, havendo sempre um de cada um destes dois componentes, para cada dois postos de trabalho, como mostra na figura 12.



Figura 12 Calços de calibração.

O equipamento de medição de velocidades, macacos hidráulicos assim como manómetros suplentes encontram-se localizados no pavilhão das máquinas *standard* como mostra a figura 13.



Figura 13 Estantes com ferramenta de ensaio.

Estes não podem estar distribuídos pois existem poucas unidades dos mesmos, sendo eles necessários para os dois pavilhões existentes. As chapas encontram-se localizadas numa zona específica, no pavilhão das máquinas *standard*. Quanto aos manómetros, embora estejam localizados na estante, foi fornecido um jogo dos mesmos a cada ensaiador, não tendo por isso que haver qualquer deslocação para a sua aquisição. Esta apenas acontece se este for realocado noutra máquina e o ensaio da mesma não ter terminado.

As ferramentas que se encontram no carro de trabalho, estão sempre no posto de trabalho, pois este acompanha o ensaiador. Foi feito um levantamento de ferramentas em falta dos ensaiadores, e distribuídas novas ferramentas de trabalho.

Foi adquirido um computador, havendo neste momento dois computadores para ensaios das máquinas. Um dedicado as quinadoras *standard* e outro dedicado as quinadoras especiais, eliminando assim a necessidade de sair do pavilhão das máquinas *standard*.

Podemos verificar a localização dos postos de montagem e componentes no *layout* abaixo apresentado.

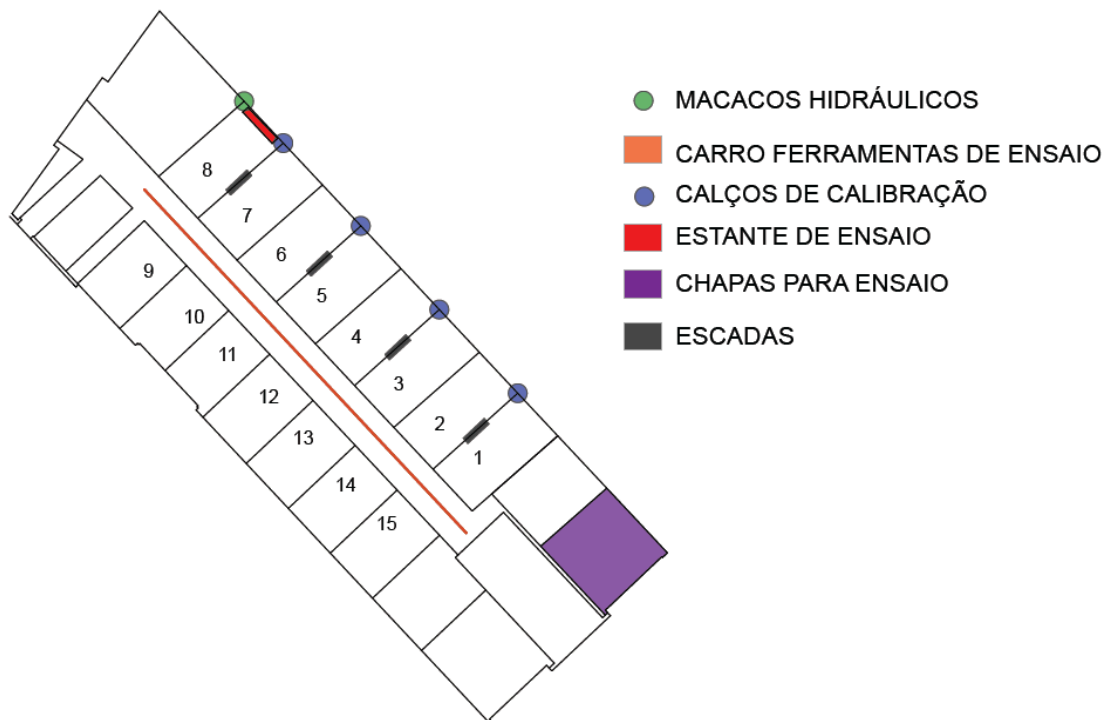


Figura 14 Layout do pavilhão de máquinas *standard* e localização de componentes.

Como podemos verificar pelo *layout* do pavilhão de máquinas *standard*, as deslocações para a aquisição de material vão continuar a acontecer, embora menos, pois sabe-se a localização do material necessário para o ensaio, evitando assim a perda de tempo com a sua procura. Foi proposto o abastecimento dos postos de montagem com a chapa necessária para o ensaio, sendo que, para o trabalho realizado a sua localização é a mostrada na figura 14. É necessária a criação de estruturas que possam receber os equipamentos de ensaio, para os postos de montagem numerados de 9 a 15. Para os ensaios realizados nestes postos as deslocações serão mais sentidas, embora as distâncias ao posto de montagem com equipamento não sejam elevadas. Seria espectável, que ao efetuar todas as deslocações, não sejam necessários mais de 10 minutos, pois estão distribuídos 2 minutos para os componentes pesados como os macacos hidráulicos, calços de calibração, escadas e chapas para ensaio e 1 minuto para estante de ensaio e carro de ferramentas de ensaio.

5.1.1.2 Outros desperdícios

Os outros desperdícios representam em média cerca de 20% do tempo total de ensaio. Aqui está representado todo o tempo em que o ensaiador está a executar passos desnecessários, esperas por material, conversar, movimentações despropositadas, ajudar

outros operadores, etc. Como já foi referido é aqui que está refletido o tempo que não se encaixa nas outras categorias apresentadas. A falta de motivação é um dos fatores para que este valor seja elevado, assim como a falta de informação e a falta de um processo de controlo das operações que estão efetivamente a realizar.

A solução para o controlo deste tipo de desperdício é a definição de objetivos diários, assim como atender as dificuldades dos ensaiadores, incluindo estes no processo de melhoria contínua. Se eles sentirem que são parte integrante de todo o processo, a procura pela perfeição passa a ser uma das suas preocupações.

Para que isto se verifique foi criada uma *check list* (Anexo G) onde se encontram as operações, que têm que ser realizadas, pelo ensaiador. Esta *check list* serve não só para se controlar a eficácia do operador, mas também, permite trocar de ensaiador sabendo sempre em que operação ficou o ensaio. Esta não pretende substituir o Registo de Inspeção, pois este é um documento com informação relevante dos parâmetros introduzidos na máquina, mas sim mostrar que operações do ensaio já foram realizadas.

Na medição de tempos, foi possível quantificar o tempo despendido por pausa, verificando-se que este é maior do que deveria ser. Como solução, a implementação de paragens por setor é viável, sabendo-se assim quando o operador dá início e fim da respetiva pausa diária.

5.1.2 Prevenção de não-conformidades

As não-conformidades são igualmente desperdício, pois são defeitos que são detetados na fase de ensaios. Estes podem provir da montagem mecânica, da montagem elétrica, da montagem hidráulica ou ao nível do comando numérico.

Os problemas hidráulicos e do comando numérico quase não são sentidos, como verificado a partir das medições de tempo efetuadas. Estes não têm qualquer expressão no tempo total do ensaiador na máquina. Isto deve-se ao facto de serem usados fornecedores que garantem qualidade no serviço prestado e no material fornecido e a sua montagem não originar erros.

5.1.2.1 Problemas mecânicos

Os problemas mecânicos, são originados na fase da montagem mecânica, por falta de informação adequada nas instruções de montagem. Como solução para a sua prevenção, foram criadas instruções de montagem (Anexo F) e distribuídas aos operadores, para validarem as mesmas.

As operações de montagem por vezes ficam mal executadas, pois verifica-se a falta de peças, impedindo que o processo seja fluido e não haja interrupção deste. O correto abastecimento dos postos de montagem, assim como os supermercados respetivos, faz com que o trabalho do montador possa ser executado de forma fluida, não correndo o risco de ficar incompleto.

Estas perdas foram identificadas através da observação dos problemas sistemáticos que o ensaiador tinha que corrigir, que tinham origem na montagem mecânica. Outras instruções de montagem, foram pedidas pelos operadores, que acharam útil ter para consulta se necessário.

5.1.2.2 Problemas elétricos

A solução encontrada para a resolução deste problema é a criação de uma caixa teste (figura 15) que seja capaz de testar todos os cabos fabricados pela empresa subcontratada. Estes passam a ser fabricados numa banca de trabalho e posteriormente testados. A sua colocação na máquina é efetuada após a garantia do seu fabrico correto e a ausência de não conformidades, garantindo assim a qualidade dos mesmos.

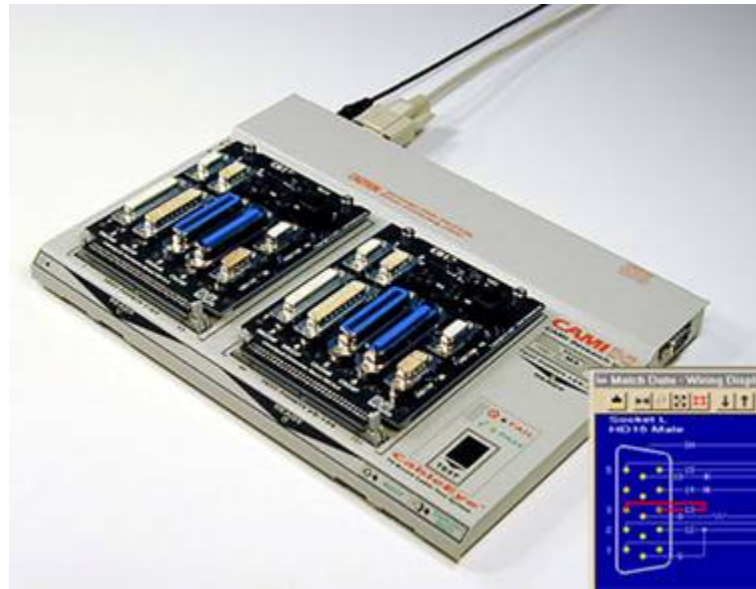


Figura 15 Exemplo caixa de teste

De acordo com o observado na medição de tempos, com um instrumento de testes de cabos, reduzimos drasticamente os problemas elétricos.

Por vezes surgem erros nos esquemas elétricos que não são comunicados ao responsável do projeto elétrico. Por esta razão foi nomeado um responsável, para fazer chegar os esquemas elétricos das máquinas em fabrico, conseguindo assim, a notificação do problema, a revisão e aprovação da alteração e a prevenção de novas ocorrências. Com esta medida os esquemas elétricos das quinadoras da gama PM tornam-se estáveis e corretos, não se verificando neste momento qualquer indicação da parte da empresa subcontratada. Antes desta implementação, todos os esquemas tinham anotações, pois nunca houve o cuidado de as corrigir, surgindo constantemente erros recorrentes.

A prevenção dos problemas elétricos não só elimina os cerca de 138 minutos em média despendidos na resolução destes, como reduz para cerca de metade tanto a operação de arranque da máquina como a operação arranque do esbarro. Esta redução é sentida pois há a garantia de que todos os cabos estão bem montados garantindo assim o bom arranque tanto da máquina como do esbarro.

5.2 Ações de Formação

As ferramentas *lean* defendem que a envolvência é fundamental, para o alcance de resultados satisfatórios, na procura da melhoria contínua. Para que os operadores se tornem elementos fundamentais na mudança, é necessário contextualiza-los nas ferramentas *lean* que se pretende usar.

Estas ações de formação visam sensibilizar os operadores, para questões como a necessidade de manter o local de trabalho limpo e organizado, permitindo assim terem um ambiente mais confortável e controlado.

Foram propostas ações de formação que foquem a importância da aplicação diária dos 5Ss, assim como a do *Standard work*, evidenciando que são um alicerce importante na redução do *lead time*.

No contexto da formação, também foi identificada a necessidade de dar formação na área dos comandos numéricos e *software*, sempre que surgem novas atualizações, facilitando a identificação de problemas e sua resolução.

A tabela 9 resume as ações de formação necessárias para o bom desempenho dos operadores no fabrico de máquinas-ferramenta.

Área da ação de Formação	Sumário sucinto
Formação sobre ferramentas <i>Lean</i>	Definição de <i>lean</i>
	Aplicação de ferramentas <i>lean</i>
Formação sobre 5Ss	Definição de 5Ss
	Aplicação de 5Ss
Formação sobre Standard Work	Definição de Standard Work
	Importância do Standard Work
Formação sobre Comando Numérico	Atualizações de versão
	Identificação de problemas
Formação sobre Software	Atualizações de versão
	Identificação de problemas

Tabela 9 Formações necessárias.

É fundamental que seja dada a todos os operadores formação referente a ferramentas *lean*, 5S e *standard work*. Já a formação específica sobre o comando numérico e *software* é relevante apenas para os ensaiadores e inspetor final.

5.3 Aplicação de 5s

Os 5s ganham relevância quando com isto conseguimos contribuir para o aumento do desempenho dos operadores. Através da sua aplicação consegue-se manter o local de trabalho, apenas com as ferramentas necessárias, eliminando o desperdício que se encontra nos postos de trabalho.

A arrumação do carro de ferramentas é fundamental para a execução das operações no menor tempo possível, pois só com o acesso fácil ao uso da mesma, torna os processos mais eficientes.



Figura 16 Aplicação dos 5S nos carros de ferramentas

Quanto às ferramentas de ensaio (figura 16), é fundamental que estejam sempre organizadas e limpas, pois o mau acondicionamento leva a uma deterioração rápida das mesmas. É essencial que estas sejam devidamente colocadas no carro de ferramenta respetivo após o seu uso. A figura acima apresentada, demonstra a etapa de avaliação da definição da melhor disposição das ferramentas, para tornar definitiva a definição dos espaços. No entanto, a aplicação dos 5S ficou incompleta, pois não foi feita ainda marcação dos espaços respetivos para cada ferramenta, para que seja facilmente detetada a sua falta.

5.4 Soluções de melhoria das operações do ensaio

O processo de montagem nunca foi pensado para que apenas se tivesse que fazer na mesma operação a montagem e a sua afinação. Atualmente na ADIRA, a preocupação da redução do tempo das operações, mantendo a qualidade exigida as operações, leva que as operações sejam pensadas de modo a que a montagem dos componentes inclua já a sua afinação. Todas estas razões levam a repensar as operações e o respetivo processo.

O uso de ferramentas aquando a montagem, permite a redução de tempo no ensaio. A utilização das ferramentas apresentadas na figura 17, a montagem do avental móvel e da mesa do esbarro, passa a ser efetuada de forma definitiva, transpondo a operação de centragem da mesa e afinação da mesa do esbarro para verificação das mesmas.

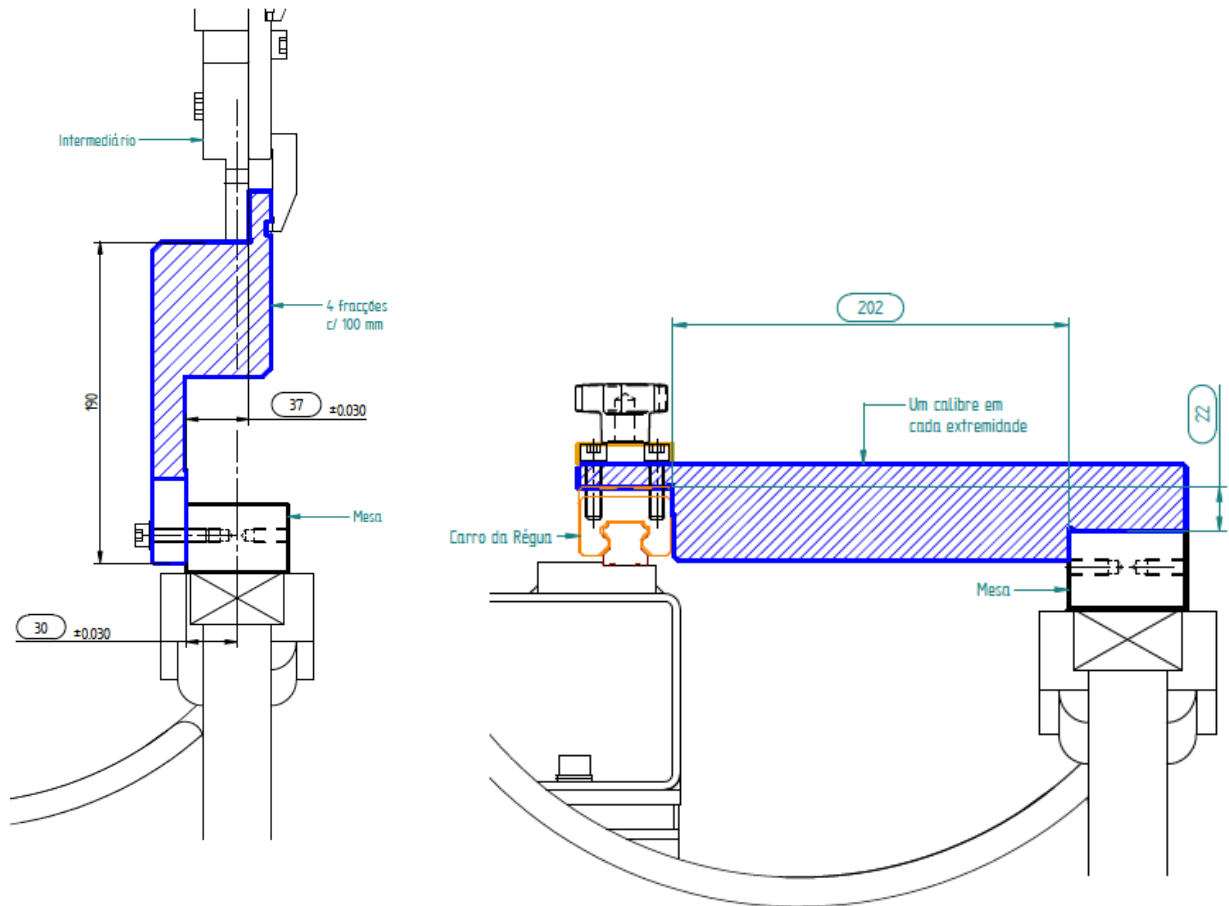


Figura 17 Ferramentas de posicionamento rápido. Esquerda avental móvel, direita mesa do esbarro.

A execução destas ferramentas já estava a ser formulada, antes da apresentação de resultados. Após a apresentação dos resultados surgiu a necessidade de criar uma equipa, que idealizasse ferramentas que facilitem todo o processo de montagem e o tornem definitivo, eliminando o retrabalho.

A afinação dos eixos do esbarro também, pode ser executada parcialmente, na fase da pré-montagem. Todos os conjuntos dos eixos X e R são pré-montados e posteriormente faz-se a montagem destes na máquina. A afinação dos eixos do esbarro, envolve o posicionamento de vários sensores indutivos, que não são colocados de forma definitiva. Estes podem já ser montados de forma definitiva, reduzindo a operação em cerca de 20 minutos, tempo necessário para o posicionamento correto dos mesmos.

Todo o processo de preenchimento do RI é pouco objetivo, havendo a necessidade de se mudar urgentemente todo o documento tornando-o atual e de fácil preenchimento. Esta mudança permite reduzir o tempo de registos no RI. Esta é uma mudança que está a ser realizada, para se implementar um documento mais objetivo.

A operação de instalação de *software* e cópia de parâmetros da máquina, é uma operação desaproveitada. Os comandos numéricos podem vir de fábrica já com a versão de *software* instalada. Isso não é feito pois existem duas versões, embora a segunda versão apenas seja usada numa gama específica de quinadoras. Com a mudança da instalação de *software* nos comandos numéricos, passando estes a serem fornecidos já com a versão mais usada e a criação de um posto de instalação de *software* para o restante *hardware*, apenas se teria que copiar os parâmetros de iniciação do ensaio. Para a cópia dos parâmetros de iniciação foi criado um atalho rápido no computador de ensaios, em que estes, em poucos minutos, conseguem copiar os parâmetros corretos para o comando numérico.

Com a garantia de que todos os cabos e ligações estão bem executadas, as operações de arranque da máquina como do esbarro, passam a ser pequenas verificações, garantindo apenas, que tudo se encontra ligado e com o funcionamento necessário para o início da máquina.

A operação de corte de chapa deixa de existir, passando esta a ser executada fora da etapa dos ensaios, tendo estes apenas que se deslocar a zona de supermercado onde se encontra a chapa necessária ao ensaio de quinadoras.

A tabela 10 resume as operações que necessitam da intervenção acima descrita e os ganhos de tempo que se espera que resulte delas.

Nº Operação	Descrição	Tempo espectral
Op. 1	Registo no RI	20
Op. 3	Instalação de software e parâmetros da máquina	20
Op. 4	Arranque da máquina	5
Op. 9	Centragem da mesa	5
Op. 16	Corte de chapa	0
Op. 17	Arranque do esbarro	5
Op. 18	Afinação da mesa do esbarro	5
Op. 19	Afinação dos eixos do esbarro	40

Tabela 10 Operações a melhorar.

Os tempos apresentados na tabela 10 são espectáveis, pois não foi feita nenhuma medição, porque as medidas encontram-se aprovadas, mas não implementadas. A redução deste tempo é de grande importância, pois vai significar uma redução no *lead time*, porque as operações são transferidas para a super pré-montagem. A medição de tempos das operações e de todo o desperdício, despoletou ainda mais o interesse em melhorar a etapa dos ensaios, pois os ganhos podem ser significativos, estando a redução perto de 50% do tempo total do ensaio.

5.5 Standard work aprovado

O envolvimento dos ensaiadores foi fundamental para a criação de um *Standard work* dos ensaios das quinadoras da gama PM. Embora o *Standard work* seja em concreto de quinadoras PM, este pode ser aplicado para as restantes quinadoras, pois as operações a serem executadas são as mesmas, embora com mais componentes para afinar e testar. As restantes gamas permitem um grau de customização bastante mais complexo que a gama que foi analisada.

Nº Operação	Descrição	Tempo (min)
Op. 1	Registos no R.I.	36
Op. 2	Montagem de válvulas e manómetros	14
Op. 3	Instalação de software e de parâmetros da máquina	60
Op. 4	Arranque da máquina	36
Op. 5	Indexar avental	28
Op. 6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	16
Op. 7	Afinação de sensor de segurança frontal laser safe	23
Op. 8	Colocação de ferramenta (punções e matriz)	15
Op. 9	Centragem da mesa	31
Op. 10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	12
Op. 11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	10
Op. 12	Auto tuning (apenas para comando numérico ESA)	24
Op. 13	Verificação do funcionamento da máquina	20
Op. 14	Verificação de velocidade, tempos e distância de paragem	27
Op. 15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	29
Op. 16	Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)	48
Op. 17	Arranque do esbarro	20
Op. 18	Afinação da mesa do esbarro	55
Op. 19	Afinação dos eixos do esbarro	75
Op. 20	Verificação de funções	25
Op. 21	Selar válvulas e retirar manómetros	8
		612 minutos
Total		10,2 horas
		1,33 dias

Tabela 11 Standard Work do ensaio.

A tabela 11 mostra a sequência e o tempo respetivo de cada operação a realizar na etapa dos ensaios. Os tempos usados não refletem a implementação das melhorias referidas na tabela 10 pois ainda não foi implementada qualquer alteração. É de referir que se a máquina não levar segurança a operação 7 deixa de existir tendo o ensaio o seguimento normal. A operação 12 apenas é executada para máquinas que sejam equipadas com os comandos numéricos da ESA, ou seja, apenas as que tenham instalado o comando numérico AD control 10. Caso esta tenha o comando numérico Cybelec 880s o ensaio tem o seguimento descrito sem a inclusão da operação 12. A operação 21 pode ser executada em uma de duas sequências possíveis, após a operação 16 ou no fim do ensaio, após a operação 20. Esta movimentação está demonstrada no anexo G, e permite que haja uma taxa de ocupação mais elevada. Isto deve-se ao facto de as máquinas poderem ser equipadas com diferentes comandos numéricos e com o opcional da segurança.

A operação de corte de chapa deixa de entrar no *standard work* do ensaio, pois passa a ser responsabilidade de outros operadores o abastecimento do supermercado de chapa para ensaio de quinadoras *standards*, estando a ser implementado um sistema de gestão visual para o controlo de chapa para ensaio.

Assim podemos construir uma tabela das combinações de operações e a sua disposição no tempo de ciclo.

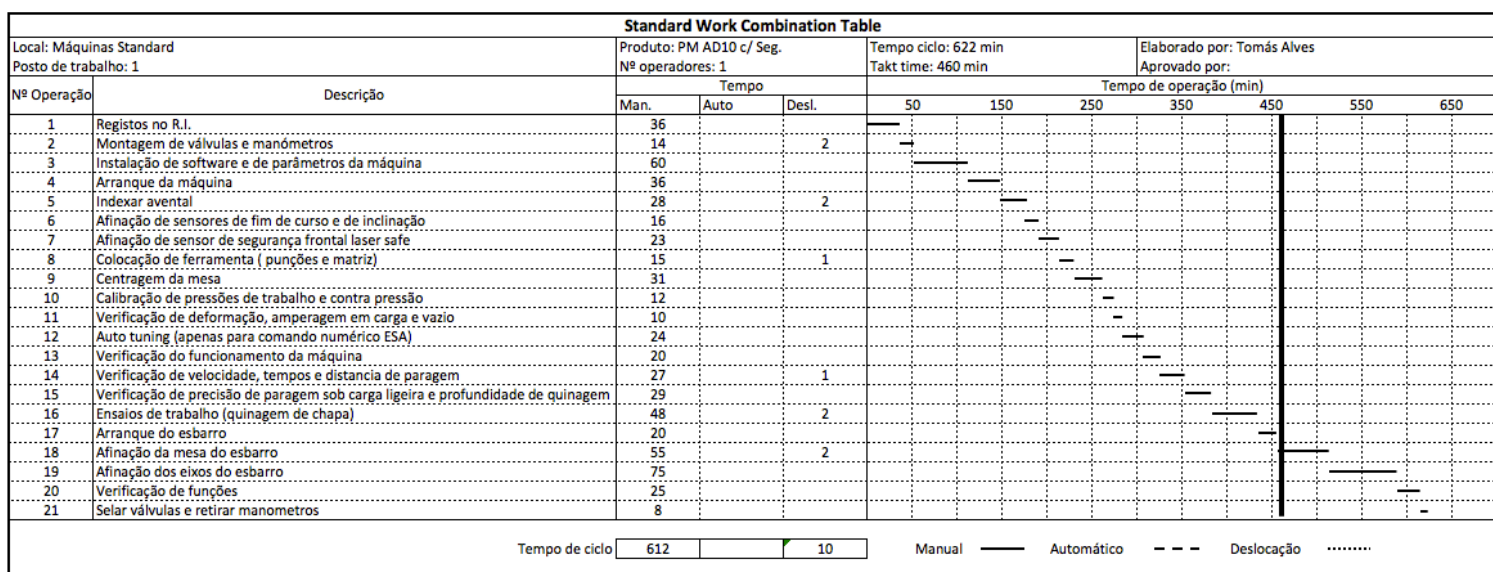


Figura 18 Sequenciamento do ensaio para PM AD 10 com segurança.

A partir da figura 18 podemos observar o sequenciamento do ensaio para uma quinadora da gama PM equipada com AD control 10 com segurança. Através da análise das figuras, podemos verificar que apenas existem operações manuais e deslocações. Através da análise da figura 18 podemos verificar que apenas as operações, numeradas de 1 a 17 podem ser realizadas dentro do *takt time*, sendo necessário realizar as restantes operações em outro turno. A taxa de ocupação é o tempo despendido na realização das operações sobre o *takt time*, representando a percentagem de utilização do *takt time*. Para que esta seja o mais elevada optou-se por antecipar a operação 21 nos restantes *standard works* apresentados em anexo.

Na tabela abaixo apresento as taxas de ocupação para os vários *standard works*.

	AD control 10		Cybelec 880S	
	C/ Segurança	S/ Segurança	C/ Segurança	S/ Segurança
Taxa de ocupação turno 1	99%	96%	96%	90%
Taxa de ocupação turno 2	36%	34%	34%	34%
Takt Time	460 min			

Tabela 12 Taxa de ocupação para as diferentes opções de máquina.

A partir da tabela 12 podemos observar a taxas de ocupação de cada ensaio, para cada opção possível, podendo assim verificar a percentagem do ensaio que tem que ser realizado em cada turno.

5.6 Ensaio

Após a análise de dados e classificação e identificação de todos os pontos de melhoria, assim como a definição do que se pretende abordar, é possível apresentar na figura 19 com os resultados que se pretende atingir após a implementação e resolução de todos os pontos com necessidade de melhoria.

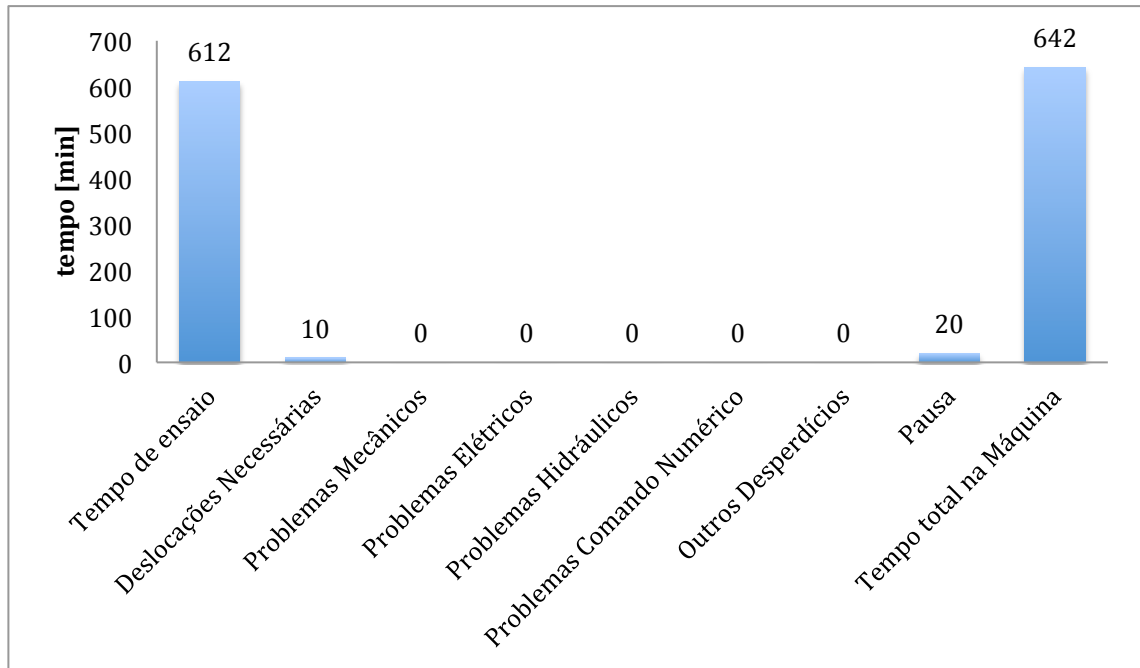


Figura 19 Ensaio espetável, após eliminação do desperdício.

Estes objetivos apresentados na figura 19 são bastante realistas, pois a redução de tempos está muito focada na eliminação de desperdícios tais como o abastecimento correto do posto de trabalho e a mudança de mentalidade dos operadores, para que estes sintam vontade de melhorar e de todos os dias fazer todo o processo mais eficiente e da maneira mais eficaz.

As deslocações passam a ser as estritamente necessárias e é atribuído um tempo bastante reduzido, fruto da reorganização das ferramentas necessárias ao ensaio das máquinas, passando a ser um muda necessário. Já a pausa de 20 minutos é o tempo respetivo que o operador tem para si durante um ensaio que tem a duração de 612 minutos. Com isto o ensaio teria cerca de 642 minutos, aproximadamente 10 horas e 40 minutos ou 1,33 dias.

Com estes resultados o número necessário de operadores para conseguir ensaiar uma máquina por dia é dado pela expressão seguinte:

$$N^{\circ} \text{ de operadores} = \frac{\text{Tempo de ciclo total}}{\text{Takt time}} = \frac{642}{460} = 1,39 \text{ operadores} \approx 2 \text{ operadores} \quad (3)$$

Atualmente é suficiente o número de ensaiadores existentes (quatro), embora estes tenham que ensaiar igualmente máquinas de outras gamas.

6 Conclusões

Um projeto como este exige o envolvimento dos vários intervenientes. É essencial a integração numa equipa pluridisciplinar, aberta a novas ideias na tentativa de resolver o problema proposto pela empresa.

O projeto baseado na produção magra, tinha como objetivo a redução do tempo de ensaio das quinadoras. O objetivo proposto era a redução deste em cerca de 40%.

As medições efetuadas permitiram quantificar o processo de ensaio. Não podendo efetuar mais do que quatro medições, verifica-se ainda assim que o tempo avaliado como desperdício representava 47% e o tempo de ensaio 53%, sendo exequível o objetivo proposto.

Era urgente a intervenção na redução do desperdício, assim como a redução de tempo no próprio processo de ensaio. A implementação de melhorias leva aos resultados apresentados nas tabelas 13.

	Ensaio (apenas sem desperdício)	Ensaio (melhoria de desperdício e operações)	Objetivo
Inicial	1160	1160	
Melhoria	642	430	
% Redução	46%	64%	40%

Tabela 13 Comparação de resultados e respetiva redução na etapa do ensaio.

Podemos assim estimar que após a implementação das melhorias nas operações podem ser atingidas reduções de tempo na ordem dos 60%. Esta meta é pretendida a médio prazo, pois é espectável que o ensaio tenha a duração de apenas um dia. A respetiva redução no lead time é mostrada na tabela 14.

Ensaio	Ensaio
--------	--------

	(apenas sem desperdício)	(melhoria de desperdício e operações)
Lead time inicial	2710	2710
Melhoria	2192	1980
% Redução	19%	27%

Tabela 14 Comparação de resultados e respetiva redução no lead time.

A redução de tempo na fase de ensaio com a eliminação do desperdício, possibilita uma redução do *lead time* na fase de customização entre os 19% e os 27%, o que é muito relevante para a satisfação do cliente e estímulo da decisão de compra, num contexto de forte concorrência.

Para que se verifique a melhoria de tempos no ensaio de quinadoras é fundamental a aplicação de 5Ss assim como o cumprimento do *standard work* estabelecido. É necessário referir, que foram apenas criadas as bases para a continuação do desenvolvimento do *standard work*, necessitando este de ser cada vez mais detalhado para que os operadores possam executar as operações de modo similar. A criação efetiva de um posto controlo de qualidade assim como a aquisição de equipamentos importantes no controlo da mesma é crucial para a eliminação de todos os problemas derivados de não-conformidades.

6.1 Trabalhos futuros

Como trabalho futuro é necessário confirmar os tempos medidos, através da recolha de uma amostragem mais significativa e uma vez estabilizadas as alterações agora propostas.

No contexto da melhoria contínua, pretende-se que as empresas insistam em apostar no aumento da sua eficácia e eficiência. Com essa perspetiva e na falta de tempo ou de meios para a implementação das medidas propostas, é fundamental que haja a preocupação de desenvolver as soluções propostas e de as validar.

O alcance deste trabalho torna-se mais relevante na medida em que este pode ser replicado em todas as gamas de quinadoras e guilhotinas que a empresa produz.

A melhoria deverá ser sentida em todas as fases do processo produtivo, sendo importante o alargamento de projetos de estabelecimento de *standard works* para as restantes fases.

O abastecimento dos postos de montagem assim como os supermercados respetivos, deve ser um ponto a ter em conta no que diz respeito à melhoria do processo. Este é fundamental para que o montador possa ter um trabalho fluido e eficiente.

Referências bibliográficas

- Alukal, G. e A. Manos. 2006. *Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process Improvements*. ASQ Quality Press.
- Hirano, H. 1996. *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. Taylor & Francis.
- Imai, M. 1997. *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. McGraw-hill.
- Liker, J.K. 2004. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Niebel, B.W. e A. Freivalds. 2003. *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Pinto, J.P. 2009. *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras*. LIDEL.
- Pinto, J.P. 2010. *Gestão de Operações: Na Indústria e nos Serviços*. LIDEL.
- Rother, M., J. Shook e Lean Enterprise Institute. 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Taylor & Francis.
- Smalley, A. 2004. *Creating Level Pull: A Lean Production-system Improvement Guide for Production-control, Operations, and Engineering Professionals*. Lean Enterprise Institute.
- Womack, J.P. e D.T. Jones. 1996. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.
- Womack, J.P., D.T. Jones, D. Roos e Massachusetts Institute of Technology. 1990. *Machine that Changed the World*. Scribner.
- Black, J. T. 2007. "Design rules for implementing the Toyota Production System." *International Journal of Production Research* no. 45 (16):3639-3664. Acedido a 2013/10/30. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540701223469>. doi: 10.1080/00207540701223469.

ANEXO A: Layout da empresa

Este anexo contém todos os *layouts* da empresa e as localizações relevantes à realização deste projeto.

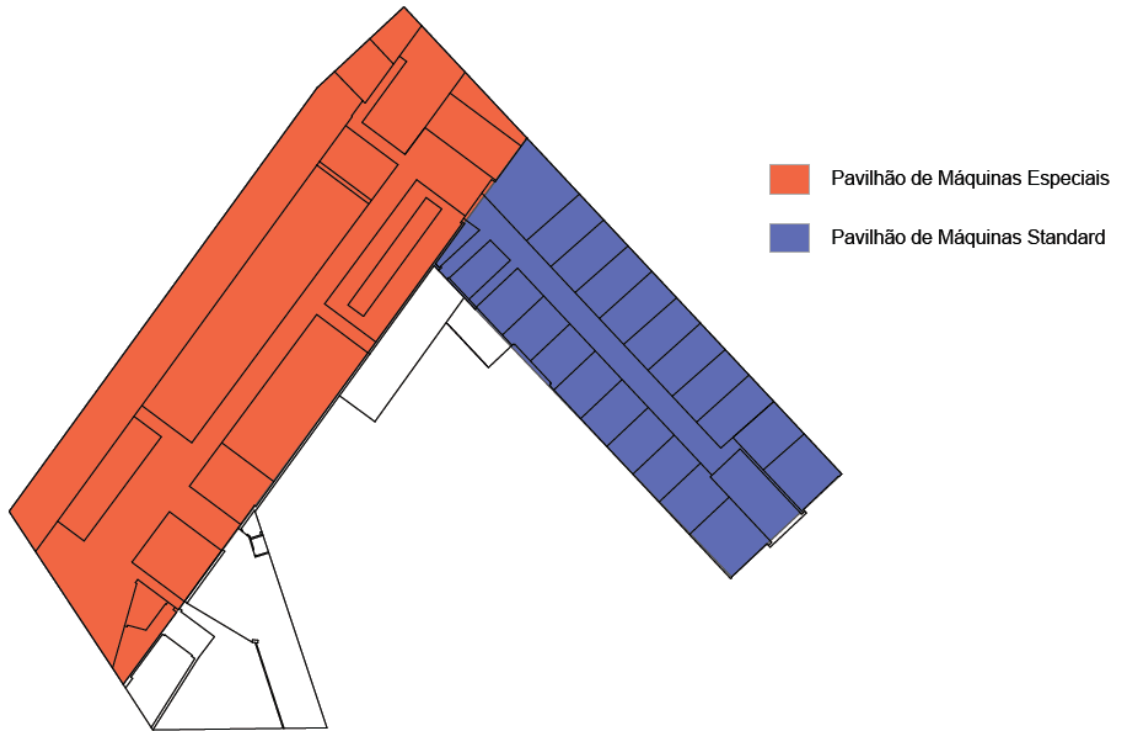


Figura 20 Layout Pavilhões.

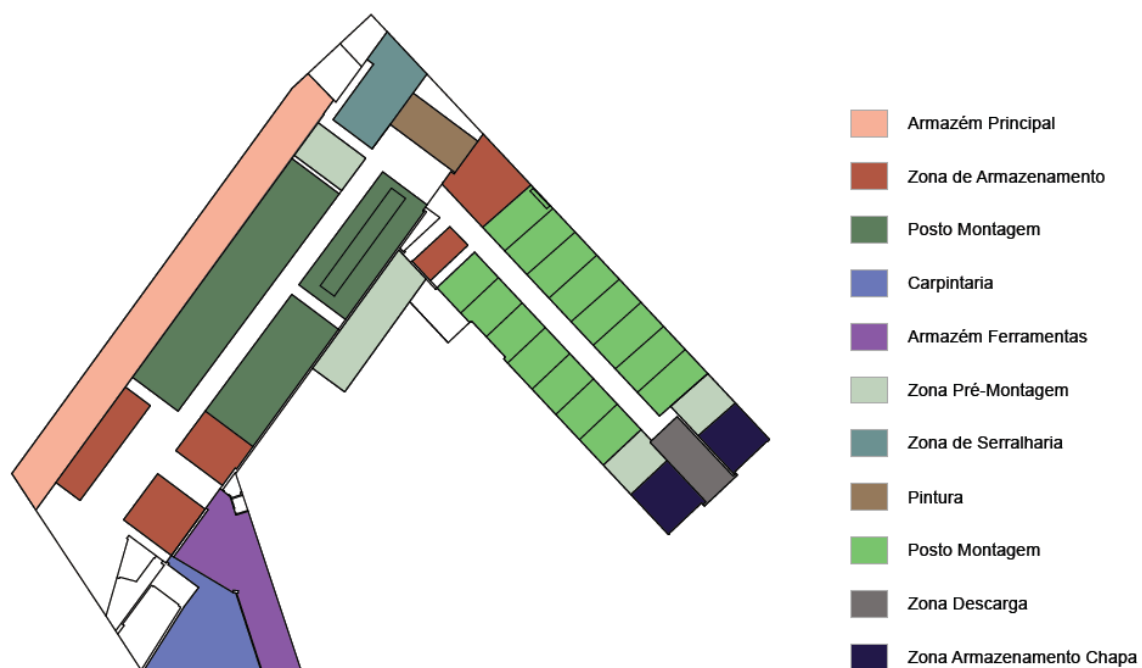


Figura 21 Localizações importantes.

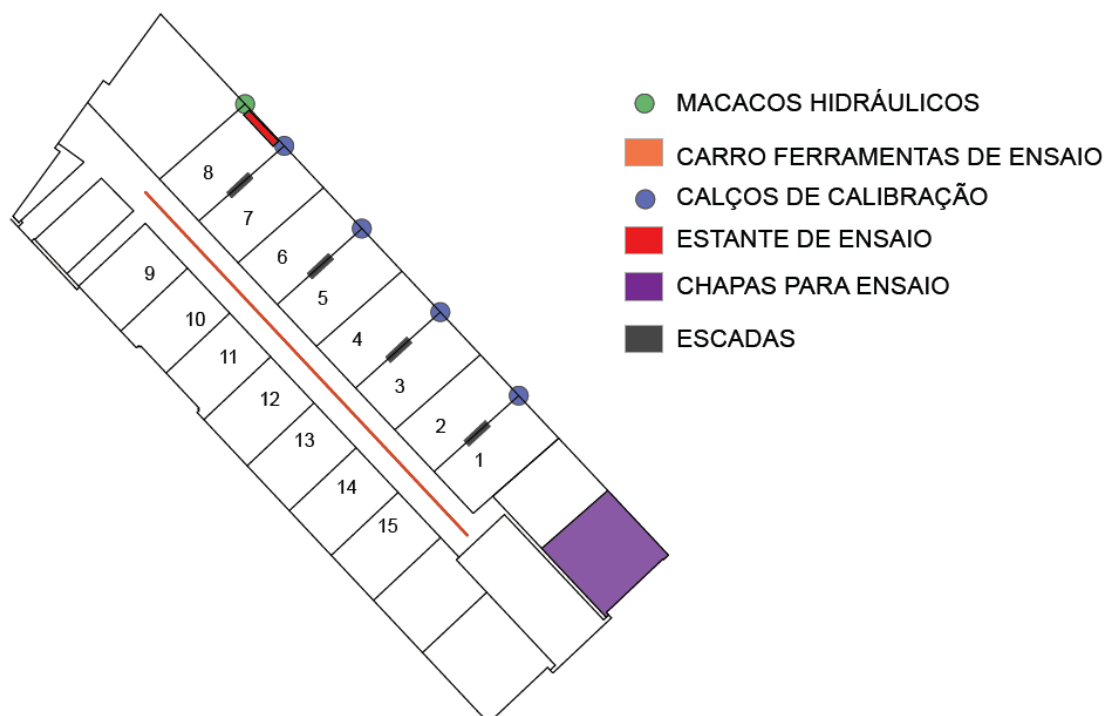


Figura 22 Pavilhão máquinas *standard*.

ANEXO B: Constituintes da máquina

Este anexo serve para mostrar todos os constituintes da máquina e a sua localização.



Figura 23 Máquina vista de frente.



Figura 24 Máquina vista de trás.



Figura 25 Eixos da máquina.



Figura 26 Comandos numéricos, CybeleC 880s à esquerda e AD10 à direita.



Figura 27 Constituintes do quadro elétrico.

ANEXO C: Registo de Inspeção

Aqui podemos verificar os registos de inspeção referentes às quinadoras da gama PM na sua versão mais atual. O documento é composto por 27 páginas, mas apenas apresento as páginas referentes ao ensaio.

adira		DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM		DOCUMENTO RI0114
DT.CED / DG.CSG		MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO		Pág. nº 1/27
MODELO MAQ.	N.º SÉRIE	ORDEM DE VENDA	ARTIGO (ZZ)	
OPERAÇÃO	N.º FUNC.	DATA (Fim)	RUBRICA (validação)	
MONTAGEM MECÂNICA				
MONTAGEM E ENSAIOS ELÉCTRICOS				
ENSAIOS MECÂNICOS				
INSPECÇÃO FINAL				
APROVAÇÃO MÁQUINA				
EMBALAGEM E EXPEDIÇÃO				

Registado no programa BaaN ☐

OBSERVAÇÕES E NÃO CONFORMIDADES

MONTAGEM MECÂNICA (Inspeções e registos a realizar pelo Montador)
--

1. GEOMETRIA DAS PATELAS DOS CILINDROS, E GUIAGENS 1.1. Utilizando um nível de 200 mm - 0,05 mm/m, em cada montante e entre montantes, verificar o nivelamento entre guagem e patela do cilindro. Tolerância admitida, 0,1 mm/m (2 traço). N.º DE TRAÇOS: _____ Desnível em mm/m: _____ 1.2. Utilizando um nível de 200 mm - 0,05 mm/m, verificar o nivelamento dos ressalto das patelas, entre patelas e avental fixo. Tolerância admitida, 0,1 mm/m (2 traço). ☐ N.º DE TRAÇOS: _____ Desnível em mm/m: _____

	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 8/27

10. ABERTURA E CURSO					
10.1. Medir a abertura, curso do avental móvel. Valores admitidos segundo a tabela:					☐
MÁQUINA	13530	16030	22040		MEDIDO
Abertura standard					
Curso total					
Curso DNC					

11. AVENTAL MÓVEL					
11.1. Depois do avental móvel estar montado e o circuito hidráulico ter efectuado a rotação verificar com a máquina em repouso se o avental está a cair. Registar os valores verificados na tabela seguinte:					☐
TEMPO DECORRIDO	1 H		8H	12H	
Abertura entre aventais verificada					

ENSAIOS MECÂNICOS (INSPECÇÕES E REGISTOS A REALIZAR PELO ENSAIADOR)									
12. CARACTERÍSTICAS E ENSAIOS DOS MOTORES E BOMBAS									
Motor Principal	MARCA	TIPO	N.º	R.P.M.	V	kW	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐		A (medido) 50Hz ☐ 60Hz ☐ vazio carga
							Máx. 60% Nominal		Máx. 2xNominal
	ARRANCAD.	MARCA	TIPO	REF.	VOLT.	BOBINE	A (reg. térmico)		I.R.
Verificar a existência da seta de indicação do sentido de rotação. ☐									

Motor Esbarro (eixo X_)	MARCA	TIPO	Nº	R.P.M.	V	Kw	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐		A (carga) Máx. 2xNominal 50Hz ☐ 60Hz ☐	
	VARIADOR	MARCA	TIPO	A (nominal)	VOLT.	Kw	A (reg. térmico)		I.R.	
Motor Esbarro (eixo X_)	MARCA	TIPO	Nº	R.P.M.	V	Kw	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐		A (carga) Máx. 2xNominal 50Hz ☐ 60Hz ☐	
	VARIADOR	MARCA	TIPO	A (nominal)	VOLT.	Kw	A (reg. térmico)		I.R.	
Motor Esbarro (eixo R_)	MARCA	TIPO	Nº	R.P.M.	V	Kw	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐		A (carga) Máx. 2xNominal 50Hz ☐ 60Hz ☐	
	VARIADOR	MARCA	TIPO	A (nominal)	VOLT.	Kw	A (reg. térmico)		I.R.	

Bomba Hidráulica	MARCA	TIPO	Nº	CILIN. [cm3]	PRESS. [bar]		

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO		DOCUMENTO
	QUINADORAS ADIRA PM		RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO		Pág. nº 9/27

Acomp. de Quinagem 2	MARCA	TIPO	Nº	R.P.M.	V	Kw	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐	A (vazio) 50Hz ☐ 60Hz ☐	A(carga) 50Hz ☐ 60Hz ☐
	VARIADOR	MARCA	TIPO	A(nominal)	VOLT.	Kw	A (reg.térmico)	I.R.	

Motor Mesa Bombeada	MARCA	TIPO	Nº	R.P.M.	V	Kw	A (nominal) 50Hz ☐ 60Hz ☐	A (vazio) 50Hz ☐ 60Hz ☐	A(carga) 50Hz ☐ 60Hz ☐
	ARRANCAD.	MARCA	TIPO	REF.	VOLT.	BOBINE	A (reg.térmico)	I.R.	

13. CIRCUITO HIDRÁULICO

13.1. Verificar e registar valor da calibragem da válvula de contra pressão. Verificar se está de acordo com a tabela ☐

VALORES ADMITIDOS PARA VÁLVULA CONTRA-PRESSÃO								REGULADA
		13530	16030				22040	
PRESSÃO		100 ⁺¹⁰ ₀	100 ⁺¹⁰ ₀				100 ⁺¹⁰ ₀	

13.2. Verificar e registar valor da regulação da **válvula de segurança**. Verificar se está de acordo com a tabela: ☐

VALORES ADMITIDOS PARA VÁLVULA SEGURANÇA (bar)							REGULADA
(BAR)		135	160	220			
PRESSÃO		240 ⁺⁵ ₀	300 ⁺⁵ ₀	305 ⁺⁵ ₀			

13.3.

13.4. Calibrar as pressões no comando numérico (válvula proporcional de pressão): ☐

VALORES ADMITIDOS PARA VÁLVULA PROPORCIONAL (bar)							REGULADA
(BAR)		135	160	220			
PRESSÃO		230 ⁺⁵ ₀	290 ⁺⁵ ₀	300 ⁺⁵ ₀			

100% - pressão máxima (bar)
75% - 0.75 * pressão máxima + 15 (bar)
50% - 0.50 * pressão máxima + 15 (bar)
25% - 0.25 * pressão máxima + 15 (bar)
0% - ± 5 (bar)

13.5. Verificar o funcionamento da válvula de pré-enchimento - Sem fuga e sem hesitação na mudança de velocidade. ☐

13.6. Não existe choque hidráulico (ao fazer a descompressão) ☐

13.7. Com a pressão no máximo e em modo sensitivo:

13.7.1. Verificar que o manómetro não regista picos de pressão. ☐

13.8. Verificar como se faz a descompressão. É suave? (escolher uma opção)

13.9. ☐ Sim, é suave.

13.10. ☐ Não, é violenta.

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 10/27

14. PROFUNDIDADE DE QUINAGEM							
14.1. Repetir medição da abertura e curso, ponto 6.2.				☐			
14.2. Verificar a precisão de paragem em vazio:							
14.3. Regular a profundidade de quinagem para uma profundidade. Colocar comparador entre os dois aventais. Levar o avental várias vezes (mínimo 10 vezes) até à profundidade de quinagem e verificar os desvios no comparador. (erros admissíveis < 0.01mm)				☐			
14.4. Registrar o desvio máximo verificado: _____ mm							
14.5. Colocar dois comparadores, um em cada extremo. Verificar a resposta do ajuste por fracções.							
14.6. Resposta na subida fracção mínima = _____ mm (valor admitido máximo 0.03mm)				☐			
14.7. Resposta na descida fracção mínima = _____ mm (valor admitido máximo 0.03mm)							
☐ -	0,005	☐ --	0,05	☐ +	0,005	☐ ++	0,05
14.8. Reaperto de amarração do cilindro ao avental móvel (Carga das Molas) Ver quadro 4.1 pág. 2				☐			
14.9. Verificar se os valores reais de Y1 e Y2 correspondem aos valores pré-definidos. Nota: se necessário confirmar os valores de index Y1 e Y2., ponto 6.1.				☐			
14.10. Verificar a inclinação de disparo dos micros (valor admitido máximo + 1mm)							
Máquina	13530	16030	22040				
Esq:	8	8	9				
Dir:	8	8	9				
15. COMPENSAÇÃO DE DEFORMAÇÃO E BOMBEADO (PARÂMETRO 37 E BOMBEADO VARIÁVEL NO COMANDO NUMÉRICO CYBELEC)							
15.1. Colocar um comparador entra a mesa e o topo da cava. Regular força de quinagem para o máximo e profundidade de quinagem para fecho de ferramentas. Verificar se estas suportam a força máxima de quinagem. Medir a deformação da cava. Valor medido: _____ mm (registar valor no formato x,xx mm).				☐			
15.2. Colocar um comparador entre a mesa e o topo do "C". Proceder de modo igual a 15.1 e verificar que não há deformação do "C".				☐			
15.3. Para máquinas com mesa bombeada seguir instruções respectivas para ajuste do parâmetro 37 e ajuste do bombeado variável. (Ver Boletim de Montagem nº80)				☐			

16. APERTO DE FERRAMENTAS			
No caso da máquina estar equipada com aperto de ferramentas hidráulico afinar e registar a pressão máxima e a pressão de rearme conforme o seguinte quadro de pressões permitidas:			
FORNECEDOR DO SISTEMA DE APERTO HIDRÁULICO	WILA (+/- 2 BAR)	ADIRA (+/-5 BAR)	VALORES AFINADOS
Pressão máxima (bar)	50	200	
Pressão de rearme (bar)	40	180	
As pressões indicadas são válidas para o aperto do punção e aperto da matriz.			

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 11/27

17. PRECISÃO DE PARAGEM SOB CARGA LIGEIRA ($\pm 0,01\text{mm}$)										
Colocar comparadores no extremo esquerdo e no extremo direito. Quinar nos dois extremos chapas com 200x30x1,5 mm. Efectuar 5 leituras consecutivas em profundidade de quinagem de modo a dar um ângulo próximo de 90° para cada caso.										
Tempo em carga:			Dimensão do "V":			Temperatura óleo:				
	Esquerdo		Direito			Esquerdo		Direito		
1					1					
2					2					
3					3					
4					4					
5					5					
17.1. COMPORTAMENTO DA PARAGEM E ERRO DE PARALELISMO COM CARGA EXCÊNTRICA S/ CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO (QUINAGEM NO AR)										
Colocar dois comparadores um em cada extremo. Efectuar uma leitura prévia nos comparadores com a máquina em profundidade de quinagem, mas sem chapa, registando os valores no número 0. Quinar uma chapa de 200x30x1,5 mm colocada debaixo do cilindro esquerdo. Efectuar cinco leituras consecutivas com a chapa.										
Tempo em carga:			Dimensão do "V":			Temperatura óleo:				
	ESQUERDO		DIREITO		Diferença	ESQUERDO		DIREITO		Diferença
Nº	LEITURA	DESVIO	LEITURA	DESVIO	DESVIOS	Nº	LEITURA	DESVIO	LEITURA	DESVIO
0		0		0	0	3				
1						4				
2						5				
17.2. Verificar se a diferença dos desvios máxima verificada é inferior a 0.1mm										☐
17.3. COMPORTAMENTO DA PARAGEM E ERRO DE PARALELISMO COM CARGA EXCÊNTRICA S/ CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO (QUINAGEM A FUNDO)										
Colocar dois comparadores, um em cada extremo. Quinar uma chapa de 200x60x4,0 mm colocada debaixo do cilindro esquerdo. Efectuar uma leitura prévia nos comparadores com a máquina em profundidade de quinagem, sem chapa, de modo a assegurar a quinagem a fundo quando com chapa. Efectuar duas leituras consecutivas com a chapa. NOTA: Colocar a máquina em comando semi-automático sem retorno.										
Tempo em carga:			Dimensão do "V":			Temperatura óleo:				
Nº	ESQUERDO (A)		DIREITO (B)		Nº	ESQUERDO (A)		DIREITO (B)		OBSERVAÇÕES
0					0					
1					2					
	Dif. de valores $\delta A =$		Dif. de valores $\delta B =$			Dif. de valores $\delta A =$		Dif. de valores $\delta B =$		Desvio posição 0
	Inclinação $\delta A - \delta B =$					Inclinação $\delta A - \delta B =$				Valor indicativo Tolerância 0,15mm/m

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 12/27

18. VELOCIDADES

18.1. Medir as velocidades de aproximação, lenta e retorno. Verificar se estão de acordo com a tabela.
(Para maior precisão na medição de velocidades utilizar o equipamento Jokab) ☐

QIHD - 50 HZ	VALORES ADMITIDOS (mm/s)			MEDIDO
	135	160	220	
APROXIMAÇÃO	100 - 110	100 - 110	100 - 110	
LENTA/TRABALHO	7 - 8	7 - 8	8 - 9	
RETORNO	70 - 75	70 - 75	85 - 90	

QIHD - 60 HZ	VALORES ADMITIDOS (mm/s)			MEDIDO
	135	160	220	
APROXIMAÇÃO	100 - 110	100 - 110	100 - 110	
LENTA/TRABALHO	8 - 9	8 - 9	9.5 - 11	
RETORNO	85 - 95	85 - 95	100 - 110	

19. TEMPOS E DISTÂNCIAS DE PARAGEM (MODELOS PLS)

19.1. Medir o tempo de paragem utilizando o equipamento "Jokab".
Efectuar 10 leituras consistentes do tempo e distâncias de paragem em velocidade rápida e 10 leituras em velocidade lenta, interrompendo o movimento com o botão de STOP do "Jokab".

Vel. Rápida	Distância (mm)	Tempo (mseg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Vel. Lenta	Distância (mm)	Tempo (mseg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Verificar e registar o tempo máximo de paragem (retirar o valor maior)

Tempo Máximo de Paragem = _____ms; Distância Máxima de Paragem = _____mm

19.2. Calcular e registar valores da distância e tempo de segurança para a chapa de características. ☐

DISTÂNCIA DE SEGURANÇA = TEMPO MÁXIMO X 2 = _____MM

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 13/27

20. ESBARROS POSTERIORES (GERAL)	
20.1. Verificar se as torretas/dedos deslizam facilmente na régua. (freio aberto) Verificar eficácia do freio.	☐
20.2. Verificar existência da chave de abertura do freio e testar funcionamento – abre e fecha bem.	☐
20.3. Verificar/afinar o paralelismo da régua relativamente à matriz/punção, deslocando um dedo ou cabeça ao longo da régua e verificando se a distância (na horizontal) à matriz se mantém constante. (erro máximo = 0,1 mm/m). Utilizar um comparador apoiado no dedo.	☐
20.4. Verificar e afinar o paralelismo da régua relativamente à matriz/punção, deslocando um dedo ao longo da régua e verificando se a distância (na vertical, altura) à matriz se mantém constante. (erro máximo = 0,1 mm/m). Utilizar um comparador apoiado no dedo.	☐
20.5. Verificar o galgamento/paralelismo da face de encosto dos dedos das torretas relativamente à matriz. (erro máx. 0,05 mm)	☐
20.6. Posicionar o esbarro na cota de 25 mm regulando através do indicador/contador . Colocar um comparador contra o esbarro e regular para valor "0" (zero) . Afastar o esbarro e tornar regular para 25 mm. Verificar e registar o erro observado . Erro = _____ mm . (Erro admitido 0,05 mm) (Nota: Regular sempre no sentido da diminuição da cota).	☐
20.7. Posicionar o esbarro em várias cotas e medir (com paquímetro de profundidade) a distância ao eixo do punção (ou face da matriz fazendo o respectivo desconto) à direita e à esquerda. Registar as cotas indicadas e as distâncias medidas (erros admitidos: 0,1 mm até 100 mm, 0,2 mm para >100mm) Cota 1 (70 mm) Dist. medida dir. = _____ mm Dist. medida esq. = _____ mm Cota 2 (140 mm) Dist. medida dir. = _____ mm Dist. medida esq. = _____ mm Cota 3 (210 mm) Dist. medida dir. = _____ mm Dist. medida esq. = _____ mm 20.8. Cota 4 (280 mm) Dist. medida dir. = _____ mm Dist. medida esq. = _____ mm	☐
20.9. Verificar a precisão de posicionamento dos vários Eixos. Eixo X – Admitido +/- 0.05 mm Verificado Eixo R – Admitido +/- 0.10 mm Verificado	☐
20.10. Verificar a cota mínima e máxima e a velocidade do esbarro, do quadro abaixo.	☐

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 15/27

22. FERRAMENTAS (MATRIZES, PUNÇÕES E INTERMEDIÁRIOS)

Identificação	Origem	Quantidades x Fracções	Observações

23. VERIFICAÇÃO DA ALTURA DAS FERRAMENTAS/CONTAGEM DE PEÇAS/FUNÇÕES

23.1.1. Verificar se há contagem de peças.	☐
23.1.2. Verificar a função "ponto morto superior".	☐
23.1.3. Através do ponto de contacto com a chapa, verificar se a altura das ferramentas, introduzidas no comando numérico, está correcto.	☐
23.1.4. Verificar para todas as ferramentas introduzidas.	☐

24. AJUSTES DOS INTERMEDIÁRIOS

Registar os valores de afinação das cunhas dos intermediários.

Nº Intermediário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº de espaços deslocados na escala										

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Escala registada nos Intermediários: _____mm

Nota: se a cunha for deslocada para a direita, colocar o sinal negativo antes do nº de espaços registado.

	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA P.M	DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO	Pág. nº 16/27

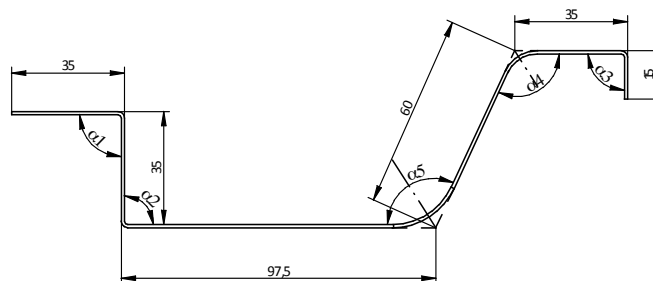
25. EXECUÇÃO DE PROGRAMA

25.1. Executar um programa com 5 sequências diferentes e repeti-lo cinco vezes simulando o programa sem chapa. Efectuar apenas a primeira quinagem com chapa para poder verificar o bom funcionamento da máquina, verificando a primeira aba programada.

O programa deve ter as seguintes características:

Chapa a quinar de espessura entre 1mm e 1.5mm com um comprimento de pelo menos 500mm.

Programar segundo o método “L-Alfa” para testar a capacidade do comando numérico de cálculo do comprimento planejado da peça. O comprimento planejado previsto é de 288,2mm.



N=1 : $\alpha = 90^\circ$, X= 50mm, PMS= 85mm, R= 1,0mm, Z,Z'= 400mm, tempo em carga = 1.2seg.

N=2 : $\alpha = 90^\circ$, X= 35mm, PMS= 60mm, R= 1,0mm, Z,Z'= 400mm, tempo em carga = 1.2seg., recuo do esbarro =75mm (impreciso);

N=3 : $\alpha = 90^\circ$, X= 15mm, PMS= 30mm, R= 1,0mm, Z,Z'= 250mm, tempo em carga =0.8seg.

N=4 : $\alpha = 115^\circ$, X= 35mm, PMS= 60mm, R= 10mm, Z,Z'= 350mm, tempo em carga = 0 seg.;

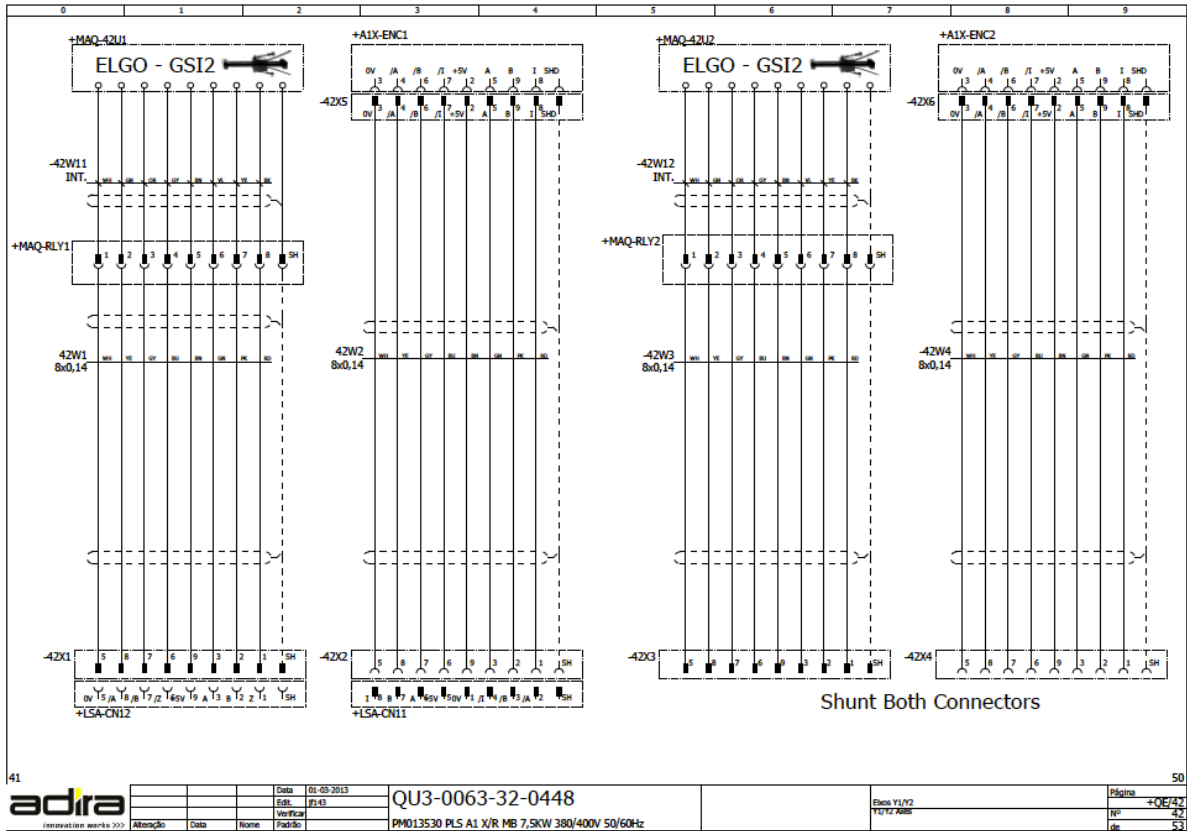
N=5 : $\alpha = 115^\circ$, X= 99mm, PMS= 85mm, R= 20mm, Z,Z'= 350mm; tempo em carga = 0 seg., recuo do esbarro = 50mm (impreciso).

25.2. Durante a programação e utilização da máquina detectou algum problema ou defeito?

ANEXO D: Esquema elétrico

Os esquemas elétricos encontram-se devidamente identificados, através do nome do projeto e com a descrição da máquina a que se destina.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																															
 adira innovation works >>> ADIRA, SA R. António Bessa Leite, 976/1106 4150-072 Porto Phone: +351 226192700 Fax: +351 226192701 adira@adira.pt																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">Nome do Projecto</td> <td style="padding: 5px;">QU3-0063-32-0448</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Descrição do Projecto</td> <td style="padding: 5px;">PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 150px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Editado em</td> <td style="padding: 5px;">08-01-2014</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: right;">Quantidade de páginas</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">53</td> </tr> </table>										Nome do Projecto	QU3-0063-32-0448	Descrição do Projecto	PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz			Editado em	08-01-2014	Quantidade de páginas	53																					
Nome do Projecto	QU3-0063-32-0448																																							
Descrição do Projecto	PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz																																							
Editado em	08-01-2014																																							
Quantidade de páginas	53																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">  adira innovation works >>> </td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Data</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">08-01-2014</td> <td rowspan="4" style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;"> QU3-0063-32-0448 PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz </td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">+QE/0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Edit.</td> <td style="text-align: center;">J143</td> <td style="text-align: right;">Página</td> <td style="text-align: right;">/1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Verificar</td> <td></td> <td style="text-align: right;">Nº</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Alteração</td> <td style="text-align: center;">Data</td> <td style="text-align: center;">Nome</td> <td style="text-align: center;">Padrão</td> <td></td> <td style="text-align: right;">de</td> <td style="text-align: right;">53</td> </tr> </table>										 adira innovation works >>>				Data	08-01-2014	QU3-0063-32-0448 PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz			+QE/0				Edit.	J143	Página	/1				Verificar		Nº	1	Alteração	Data	Nome	Padrão		de	53
 adira innovation works >>>				Data	08-01-2014	QU3-0063-32-0448 PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz			+QE/0																															
				Edit.	J143		Página	/1																																
				Verificar			Nº	1																																
	Alteração	Data	Nome	Padrão			de	53																																



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Nome do Cabo: 13W8	Observação: Eixo Z2 - Encoder - Extensão DNC				Núm.Cond. x Secção: 8x0,14 mm²		Comprimento:		Ref.: 170510220	
Observação	Texto de função	Pag./Col.	Target designation from	Ponto de ligação	Condutor	Ponto de ligação	Target designation to	Pag./Col.	Texto de função	Observação
FICHA FÊMEA 9 PINOS SUB.D		+QE/13.9	+QE-13X2	8	RD	8	+QE-13X3	+QE/13.9	I	FICHA MACHO 9 PINOS SUB.D
end										
Nome do Cabo: 15W2	Observação: Eixo RC2 - Motor				Núm.Cond. x Secção:		Comprimento:		Ref.: 170510630	
Observação	Texto de função	Pag./Col.	Target designation from	Ponto de ligação	Condutor	Ponto de ligação	Target designation to	Pag./Col.	Texto de função	Observação
		+QE/15.4	+ER-X1	1	L1	U/T1	+QE-15U1	+QE/15.4		
		+QE/15.4	+ER-X1	4	L2	V/T2	+QE-15U1	+QE/15.4		
		+QE/15.4	+ER-X1	3	L3	W/T3	+QE-15U1	+QE/15.4		
		+QE/15.4	+ER-X1	2	GN/YE	GND	+QE-15U1	+QE/15.4		
					GY					
					GY					
end										
Nome do Cabo: 15W6	Observação: Eixo RC2 - Resolver				Núm.Cond. x Secção:		Comprimento:		Ref.: 170510620	
Observação	Texto de função	Pag./Col.	Target designation from	Ponto de ligação	Condutor	Ponto de ligação	Target designation to	Pag./Col.	Texto de função	Observação
		+QE/15.5	+ER-X2	1/12	1-12	1/12	+QE-15U1	+QE/15.5		
end										
Nome do Cabo: 31W1	Observação: Pedal				Núm.Cond. x Secção: 12x1 mm²		Comprimento:		Ref.: 170510112	
Observação	Texto de função	Pag./Col.	Target designation from	Ponto de ligação	Condutor	Ponto de ligação	Target designation to	Pag./Col.	Texto de função	Observação
Harting 16 Polos		+QE/31.5	+PED-31X1	1	1	492	+QE-0X1	+QE/31.5		
HARTING FÊMEA 16 POLOS		+QE/31.6	+PED-31X1	3	2	492	+QE-0X1	+QE/31.6		
HARTING FÊMEA 16 POLOS		+QE/31.6	+PED-31X1	4	3	966	+QE-0X1	+QE/31.6		
Harting 16 Polos		+QE/31.5	+PED-31X1	5	4	954	+QE-0X1	+QE/31.5		
Harting 16 Polos		+QE/33.0	+PED-31X1	7	5	920	+QE-0X1	+QE/33.0		
Harting 16 Polos		+QE/33.1	+PED-31X1	8	6	922	+QE-0X1	+QE/33.1		
Harting 16 Polos		+QE/31.4	+PED-31X1	10	7	956	+QE-0X1	+QE/31.4		
Harting 16 Polos		+QE/31.4	+PED-31X1	14	8	965	+QE-0X1	+QE/31.4		
Harting 16 Polos		+QE/33.0	+PED-31X1	15	9	921	+QE-0X1	+QE/33.0		
Harting 16 Polos		+QE/33.1	+PED-31X1	16	10	923	+QE-0X1	+QE/33.1		
					11					
end										

adira																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cabo:	Observação:	# x Ø:	L:	Ref. Adira:	Cabo:	Observação:	# x Ø:	L:	Ref. Adira:
-0W1	Potência Transformador Quadro-electrico	7G10 mm²	7 m	170510170	-40W2	Válvula H1	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-2W1	Motor Grupo Hidráulico (Máquina)	7x10 mm²	3,5 m	170510170	-40W3	Válvula H2	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-2W2	Painel de Comando (Pendural)	25x1 mm²	5 m	170510152	-40W4	Válvula H3	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-10W1	DNC - Comando Eixo X	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190	-41W1	Servo Válvula Y1 SP01	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-10W2	Eixo X - Motor		5 m	170510630	-41W2	Servo Válvula Y1 SP02	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-10W3	Eixo X - Tensão Analógica	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189	-41W3	Servo Válvula Y2 SP03	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-10W4	Eixo X - Encoder	8x0,14 mm²	2,5 m	NM1-0151-01-1800	-41W4	Servo Válvula Y2 SP04	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-10W6	Eixo X - Resolver		5 m	170510620	-41W5	Monitor Servo Válvula Y1	4x0,25 mm²	5,5 m	CFQ-MONIT-55
-10W8	Eixo X - Encoder - Extensão DNC	8x0,14 mm²	6 m	170510220	-41W6	Monitor Servo Válvula Y2	4x0,25 mm²	5,5 m	CFQ-MONIT-55
-11W1	DNC - Comando Eixo R	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190	-41W7	Válvula Proporcional de Pressão	3x1 mm²	5,5 m	170510142
-11W2	Eixo R - Motor		10 m	170510630	-41W8	Controlo em Corrente VPP Y1 Y2	18x1 mm²	6,5 m	170510151
-11W3	Eixo R - Tensão Analógica	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189	-41W9	Controlo VPP CNC-NOT-B3/PVR6 X18	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189
-11W4	Eixo R - Encoder	8x0,14 mm²	2,5 m	NM1-0151-01-1800	-41W10	Controlo Y1 CNC-NPU-B2/PVR6 X19	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189
-11W6	Eixo R - Resolver		10 m	170510620	-41W11	Controlo Y2 CNC-NPU-B2/PVR6 X19	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189
-11W8	Eixo R - Encoder - Extensão DNC	8x0,14 mm²	6 m	170510220	-42W1	Régua Linear Y1 (Máquina)	8x0,14 mm²	3,5 m	170510189
-11W11	Cabo Sincronismo R -> RT2	8x0,14 mm²	0,5 m	170510204	-42W2	Y1 DNC (Pendural)	8x0,14 mm²	6 m	170510220
-12W1	DNC - Comando Eixo Z1	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190	-42W3	Régua Linear Y2 (Máquina)	8x0,14 mm²	7 m	170510220
-12W2	Eixo Z1 - Motor		5 m	170510630	-42W4	Y2 DNC (Pendural)	8x0,14 mm²	6 m	170510220
-12W3	Eixo Z1 - Tensão Analógica	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189	-42W5	Eixo Y1 - Encoder - Conversor	8x0,14 mm²	0,2 m	170510220
-12W4	Eixo Z1 - Encoder	8x0,14 mm²	2,5 m	NM1-0151-01-1800	-42W6	Eixo Y2 - Encoder - Conversor	8x0,14 mm²	0,2 m	170510220
-12W6	Eixo Z1 - Resolver		5 m	170510620	-42W11	Cabo régua linear ELGO Y1			INT.
-12W8	Eixo Z1 - Encoder - Extensão DNC	8x0,14 mm²	6 m	170510220	-42W12	Cabo régua linear ELGO Y2			INT.
-13W1	DNC - Comando Eixo Z2	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190	-50W0	Ligação à terra do CNC	1x6 mm²	5,5 m	170505093
-13W2	Eixo Z2 - Motor		10 m	170510630	-50W1	Alimentação DNC	5x1 mm²	5,5 m	170510038
-13W3	Eixo Z2 - Tensão Analógica	3x0,5 mm²	6,5 m	170510189	-50W2	DNC / CN102 - COMM	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190
-13W4	Eixo Z2 - Encoder	8x0,14 mm²	2,5 m	NM1-0151-01-1800	-50W3	Mesa Bombearia / Alimentação (Pendural)	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190
-13W6	Eixo Z2 - Resolver		10 m	170510620	-50W4	Alimentação DNC (Pendural)	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190
-13W8	Eixo Z2 - Encoder - Extensão DNC	8x0,14 mm²	6 m	170510220	-80W1	Lazarsafe Emissor	7x0,25 mm²	4 m	170510190
-15W2	Eixo RC2 - Motor		10 m	170510630	-80W2	Lazarsafe Receptor	7x0,25 mm²	10,5 m	170510190
-15W6	Eixo RC2 - Resolver		10 m	170510620	-81W1	Células REER - Emissor	3x0,5 mm²	8,5 m	170510189
-31W1	Pedal	12x1 mm²	2 m	170510112	-81W2	Células REER - Receptor	7x0,25 mm²	4,5 m	170510190
-31W2	2º Pedal	12x1 mm²	2 m	170510113	-85W1	Motor Mesa Bombearia	8x1 mm²	8 m	170510140
-32W1	Guarda Esquerda	3x1 mm²	5,5 m	170510142	-85W2	Potenciômetro Mesa Bombearia	3x0,5 mm²	5,5 m	170510189
-32W2	Guarda Direita	3x1 mm²	7,5 m	170510142	-85W3	Potenciômetro Mesa Bombearia Extensão	3x0,5 mm²	8 m	170510189
-33W1	Micros de Inclinação MI1	3x1 mm²	3,5 m	170510142	-10XW1	Eixo X - FC-			Int. (SENSOR)
-33W2	Micro Fim de Descida	3x1 mm²	7 m	170510142	-10XW2	Eixo X - FC+			Int. (SENSOR)
-33W3	Monitor Válvula H1	4x0,25 mm²	5,5 m	CFQ-MONIT-55	-11XW1	Eixo R - FC+/-			CFQ-SL3-100
-33W4	Monitor Válvula H2	4x0,25 mm²	5,5 m	CFQ-MONIT-55	-12XW1	Eixo Z1 - FC-			CFQ-SL3-50
-33W5	Monitor Válvula H3	4x0,25 mm²	5,5 m	CFQ-MONIT-55	-13XW1	Eixo Z2 - FC+			CFQ-SL3-100
-33W6	Micros de Inclinação MI2	3x1 mm²	3,5 m	170510142	-15XW1	Eixo RC2 - FC+/-			CFQ-SL3-100
-34W1	DNC I/O	20x0,25 mm²	5,5 m	170510192					
-34W2	DNC I/O - 2	7x0,25 mm²	5,5 m	170510190					

Cabos PM

13530 / 16030 / 13540 / 16040 / 22040

+IMP/2



				Data	06-03-2013
				Ediç.	0143
				Verificaç.	
				Padrão	

QU3-0063-32-0448

PM013530 PLS A1 X/R MB 7,5KW 380/400V 50/60Hz

2

2

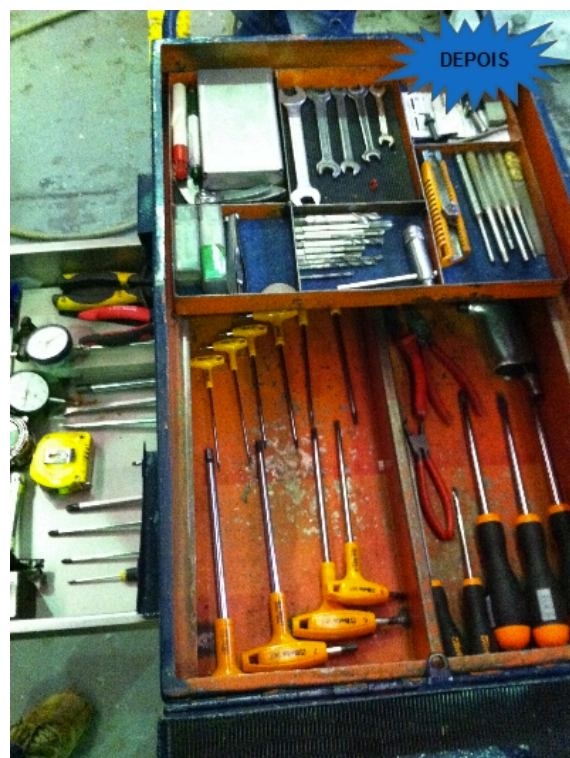
3

53

ANEXO E: Melhorias

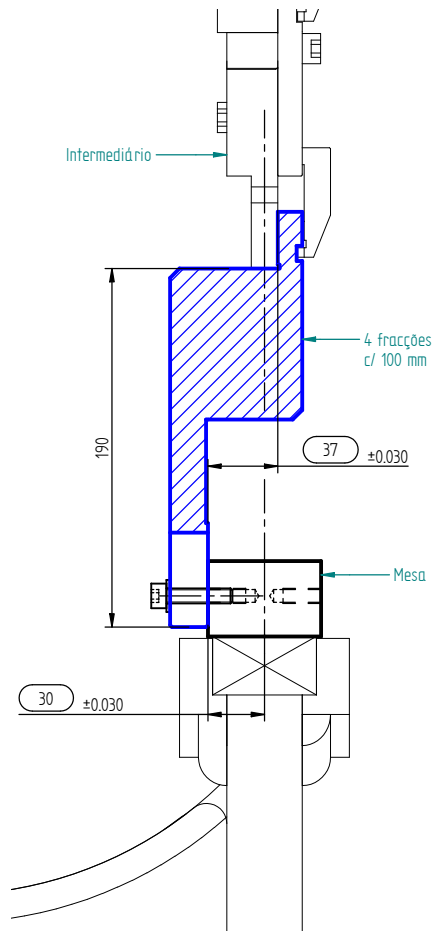
Podemos verificar algumas melhorias implementadas, no decorrer desta dissertação.





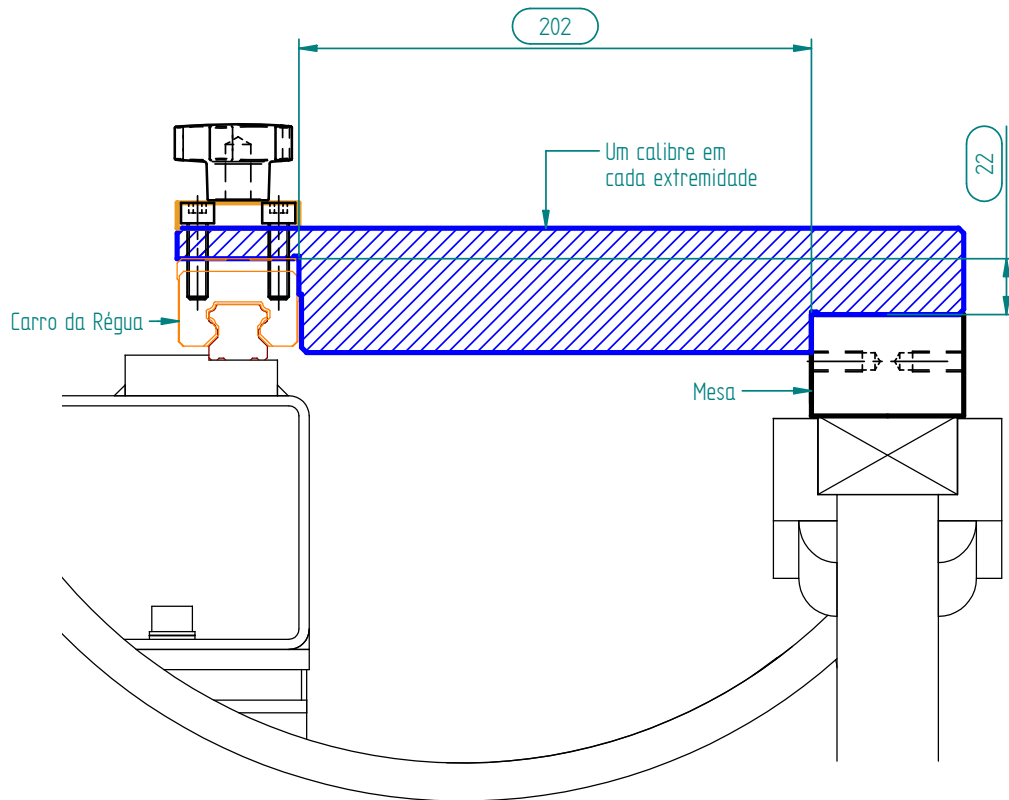
Ferramentas de posicionamento rápido:

Ferramenta de posicionamento rápido da mesa relativamente ao avental móvel.



Esta ferramenta permite posicionar a mesa centrada relativamente ao intermediário, que se encontra ligado à estrutura do avental. O intermediário serve para a fixação dos punções, já a mesa serve de suporte à matriz. A matriz e o punção tem que estar perfeitamente alinhados, para que a quinagem seja bem executada. Esta ferramenta permite fazer este alinhamento na fase da montagem, eliminando assim a operação de centragem da mesa.

Ferramenta de posicionamento rápido da mesa do esbarro



O uso deste calibre permite que a mesa do esbarro que contem o carro da régua, seja posicionado de forma definitiva na fase da montagem. Esta ferramenta permite eliminar a operação de afinação da mesa do esbarro.

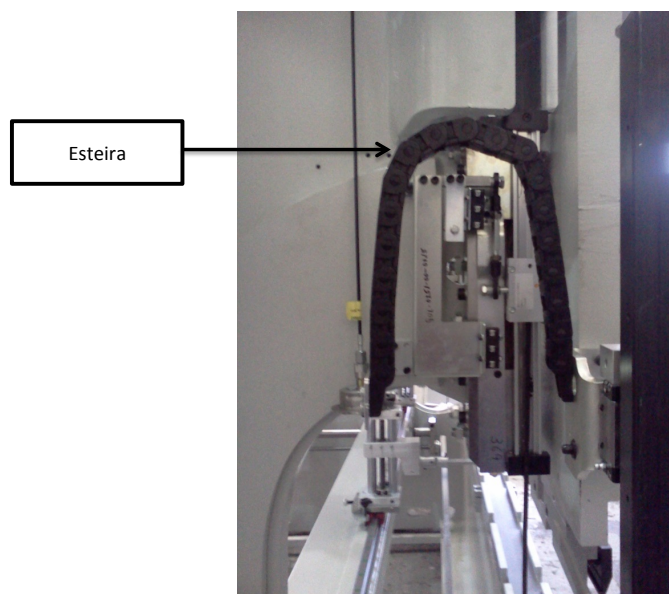
ANEXO F: Instruções de montagem

Neste anexo são mostradas algumas das instruções de montagem elaboradas para o auxílio da etapa da montagem mecânica.



Instruções de Montagem

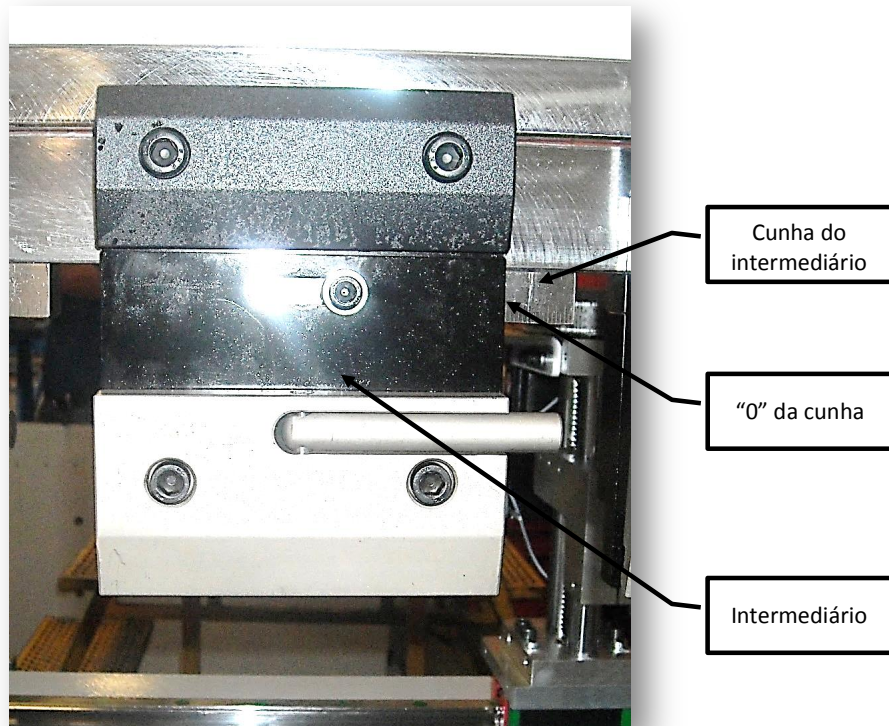
Montagem das Esteiras do laser safe



Máquina	Nº de elos
PM/PA	2 esteiras c/ 18 elos + 2 pontas
BlueBender	2 esteiras c/ 20 elos + 2 pontas
PF	2 esteiras c/ 20 elos + 2 pontas

Instruções de Montagem

Intermediários

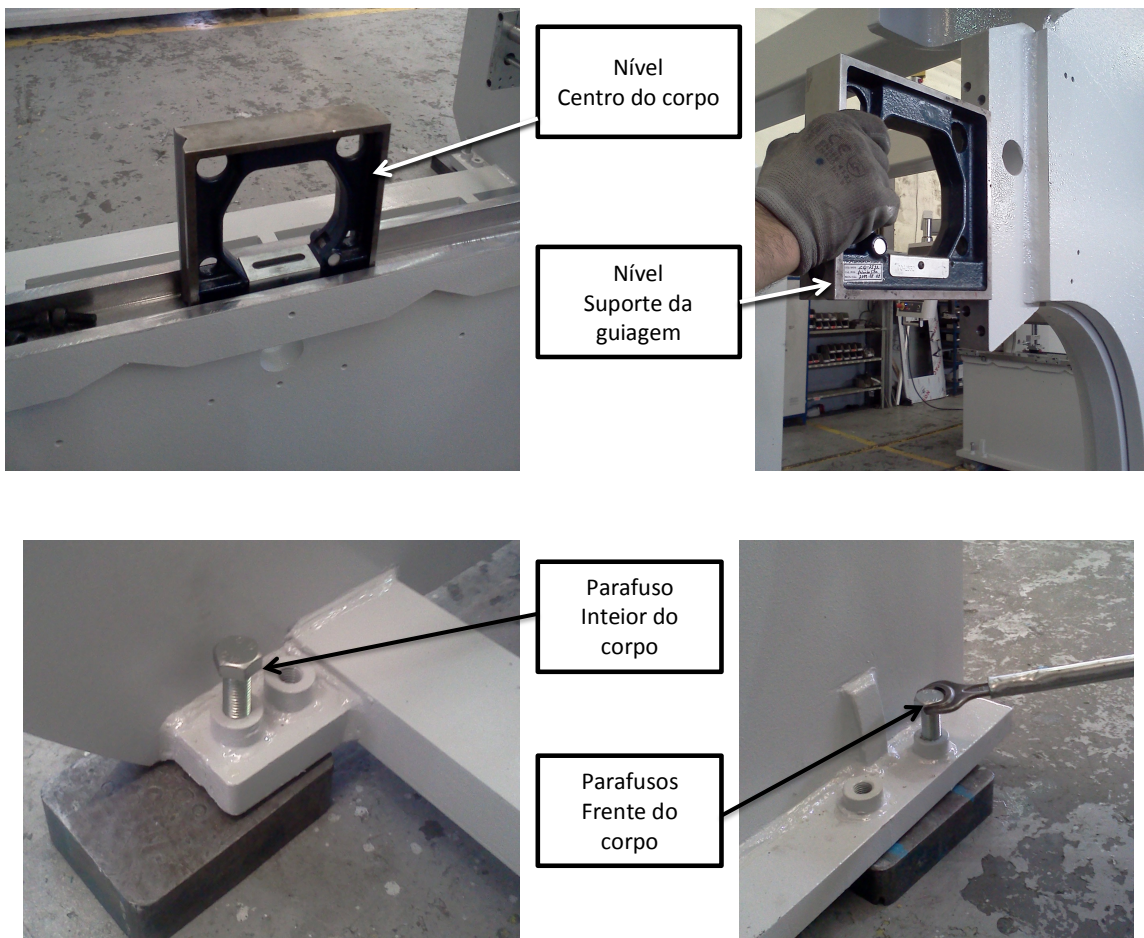


- 1-Colocar a cunha do intermediário toda à direita, alinhada a "0" do lado direito (ver imagem).
- 2-Os intermediários das pontas do avental não devem ser colocados no avental. Devendo estes permanecer na paleta.



Instruções de Montagem

Nivelamento da estrutura



1-Posicionar o nível no centro e suporte das guiagens como mostram as figuras e apertar os parafusos representados nas figuras para nivelar o corpo.

IMPORTANTE- a posição do nível é fundamental

ANEXO G: Check list , Standard work e Registos de anomalias.

Check list de apoio ao ensaio.

Check List Ensaios		
Quinadoras PM		
Nº Operação	Descrição	
Op. 1	Registos no R.I.	☐
Op. 2	Montagem de válvulas e manómetros	☐
Op. 3	Instalação de software e de parâmetros da máquina	☐
Op. 4	Arranque da máquina	☐
Op. 5	Indexar avental	☐
Op. 6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	☐
Op. 7	Afinação de sensor de segurança frontal laser safe	☐
Op. 8	Colocação de ferramenta (punções e matriz)	☐
Op. 9	Centragem da mesa	☐
Op. 10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	☐
Op. 11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	☐
Op. 12	Auto tuning (apenas para comando numérico ESA)	☐
Op. 13	Verificação do funcionamento da máquina	☐
Op. 14	Verificação de velocidade, tempos e distancia de paragem	☐
Op. 15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	☐
Op. 16	Ensaios de trabalho (quinagem de chapa)	☐
Op. 17	Arranque do esbarro	☐
Op. 18	Afinação da mesa do esbarro	☐
Op. 19	Afinação dos eixos do esbarro	☐
Op. 20	Verificação de funções	☐
Op. 21	Selar válvulas e retirar manómetros	☐

Standard Work.

Standard Work Combination Table											
Local: Máquinas Standard Posto de trabalho: 2			Produto: Quinadora AD10 s/ Seg. Nº operadores: 1		Tempo ciclo: 599 min Takt time: 460 min		Elaborado por: Tomás Alves Aprovado por:				
Nº Operação	Descrição	Tempo			Tempo de operação (min)						
		Man.	Auto	Desl.	50	150	250	350	450	550	650
1	Registos no R.I.	36			—						
2	Montagem de válvulas e manómetros	14		2	—						
3	Instalação de software e de parâmetros da máquina	60			—	—					
4	Arranque da máquina	36				—					
5	Indexar avental	28		2		—					
6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	16				—					
8	Colocação de ferramenta (punções e matrizes)	15		1			—				
9	Centragem da mesa	31					—				
10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	12					—				
11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	10						—			
12	Auto tuning (apenas para comando numérico ESA)	24						—			
13	Verificação do funcionamento da máquina	20						—			
14	Verificação de velocidade, tempos e distancia de paragem	27		1				—			
15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	29						—			
16	Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)	48		2					—		
21	Selar válvulas e retirar manómetros	8							—		
17	Arranque do esbarro	20							—		
18	Afinação da mesa do esbarro	55		2						—	
19	Afinação dos eixos do esbarro	75									—
20	Verificação de funções	25									—
Tempo de ciclo		589		10	Manual — Automático - - - Deslocação						

Standard Work Combination Table												
Local: Máquinas Standard			Produto: PM C880s C/ Seg.			Tempo ciclo: 598 min			Elaborado por: Tomás Alves			
Posto de trabalho: 1			Nº operadores: 1			Takt time: 460 min			Aprovado por:			
Nº Operação	Descrição	Tempo			Tempo de operação (min)							
		Man.	Auto	Desl.	50	150	250	350	450	550	650	
1	Registos no R.I.	36			—							
2	Montagem de válvulas e mandímetros	14		2	—							
3	Instalação de software e de parâmetros da máquina	60			—	—						
4	Arranque da máquina	36				—						
5	Indexar avental	28		2			—					
6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	16					—					
7	Afinação de sensor de segurança frontal laser safe	23					—					
8	Colocação de ferramenta (punções e matriz)	15		1				—				
9	Centragem da mesa	31						—				
10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	12						—				
11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	10						—				
13	Verificação do funcionamento da máquina	20						—				
14	Verificação de velocidade, tempos e distancia de paragem	27		1					—			
15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	29							—			
16	Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)	48		2					—	—		
21	Selar válvulas e retirar manómetros	8								—		
17	Arranque do esbarro	20								—		
18	Afinação da mesa do esbarro	55		2						—	—	
19	Afinação dos eixos do esbarro	75								—	—	
20	Verificação de funções	25									—	
Tempo de ciclo		588		10	Manual — Automático - - - Deslocação							

Standard Work Combination Table												
Local: Máquinas Standard Posto de trabalho: 4			Produto: PM C880s S/ Seg. Nº operadores: 1			Tempo ciclo: 575 min Takt time: 460 min			Elaborado por: Tomás Alves Aprovado por:			
Nº Operação	Descrição	Tempo			Tempo de operação (min)							
		Man.	Auto	Desl.	50	150	250	350	450	550	650	
1	Registos no R.I.	36			—							
2	Montagem de válvulas e manómetros	14		2	—							
3	Instalação de software e de parâmetros da máquina	60			—							
4	Arranque da máquina	36				—						
5	Indexar avental	28		2		—						
6	Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	16					—					
8	Colocação de ferramenta (punções e matriz)	15		1			—					
9	Centragem da mesa	31					—					
10	Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	12						—				
11	Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	10							—			
13	Verificação do funcionamento da máquina	20						—				
14	Verificação de velocidade, tempos e distancia de paragem	27		1				—				
15	Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	29						—				
16	Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)	48		2				—	—			
21	Selar válvulas e retirar manómetros	8							—			
17	Arranque do esbarro	20							—			
18	Afinação da mesa do esbarro	55		2					—	—		
19	Afinação dos eixos do esbarro	75								—	—	
20	Verificação de funções	25									—	
Tempo de ciclo		565		10	Manual — Automático - - - Deslocação							

Registo de anomalias.

Registos de anomalias: Não conformidades	
Local:	
Ordem de fabrico:	
Data:	
Descrição detalhada	
1º	
2º	
3º	
4º	
5º	
6º	
7º	

ANEXO H: Tempos Medidos

Este anexo contém todos os tempos medidos e analisados.

Descrição da Operação	Máquina				Média	Desvio Padrão
	413	420	422	424		
Registos no R.I.	0:47:41	0:27:01	0:48:17	0:22:37	0:36:24	0:13:30
Montagem de válvulas e manómetros	0:09:10	0:14:28	0:16:41	0:14:36	0:13:44	0:03:12
Instalação de software e de parâmetros da máquina	0:53:50	0:39:03	1:33:50	0:55:47	1:00:38	0:23:52
Arranque da máquina	0:22:02	0:32:19	0:57:25	0:34:04	0:36:28	0:14:55
Indexar avental	0:32:06	0:19:30	0:45:06	0:17:05	0:28:27	0:12:53
Afinação de sensores de fim de curso e de inclinação	0:09:00	0:31:05	0:15:29	0:08:46	0:16:05	0:10:28
Afinação de sensor de segurança frontal laser safe	0:19:56	0:14:10	0:41:20	0:16:46	0:23:03	0:12:25
Colocação de ferramenta (punções e matriz)	0:45:46	0:21:45	0:08:28	0:13:58	0:22:29	0:16:27
Centragem da mesa	0:23:37	0:44:50	0:18:57	0:37:04	0:31:07	0:11:57
Calibração de pressões de trabalho e contra pressão	0:11:42	0:14:19	0:09:06	0:12:46	0:11:58	0:02:12
Verificação de deformação, amperagem em carga e vazio	0:10:32	0:05:43	0:11:56	0:08:31	0:09:11	0:02:42
Auto tuning (apenas para comando numérico ESA)	Sem valor	Sem valor	0:25:27	0:22:35	0:24:01	0:02:02
Verificação do funcionamento da máquina	0:10:40	0:10:52	0:35:11	0:16:28	0:18:18	0:11:34
Verificação de velocidade, tempos e distancia de paragem	0:30:00	0:23:47	0:34:28	0:20:00	0:27:04	0:06:26
Verificação de precisão de paragem sob carga ligeira e profundidade de quinagem	0:28:01	0:28:45	0:36:06	0:25:00	0:29:28	0:04:43
Ensaio de trabalho (quinagem de chapa)	0:43:41	0:57:00	1:04:40	0:28:46	0:48:32	0:15:46
Arranque do esbarro	0:18:48	0:25:06	0:16:35	0:23:05	0:20:53	0:04:28
Afinação da mesa do esbarro	0:43:39	0:51:17	1:11:10	0:59:40	0:56:27	0:11:50
Afinação dos eixos do esbarro	1:35:31	1:01:53	1:02:40	1:08:08	1:12:03	0:15:53
Verificação de funções	0:23:59	0:15:35	0:33:32	0:20:00	0:23:17	0:07:39
Selar válvulas e retirar manómetros	0:05:48	0:07:06	0:11:35	0:07:00	0:07:52	0:02:33

Total 9:45:29 9:05:34 12:37:59 8:52:42

Desperdício	Máquina				Média	Desvio Padrão
	413	420	422	424		
Deslocações Necessárias	0:47:33	0:42:20	1:26:17	1:11:44	1:01:59	0:20:39
Problemas Mecânicos	0:06:45	9:20:07	1:28:01	1:05:14	3:00:02	4:15:42
Problemas Elétricos	3:10:48	3:57:57	0:54:56	1:09:00	2:18:10	1:30:15
Problemas Hidráulicos	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:08:30	0:02:07	0:04:15
Problemas Comando Numérico	0:06:41	0:02:46	0:00:00	0:08:05	0:04:23	0:03:41
Outros Desperdícios	1:54:30	5:45:08	7:55:19	4:04:06	4:54:46	2:32:58
Pausa	0:00:00	1:01:11	1:47:20	0:47:41	0:54:03	0:44:10

Total 6:06:17 20:49:29 13:31:53 8:34:20

Desperdício	Máquina				Média	Desvio Padrão
	413	420	422	424		
Deslocações Necessárias	0:47:33	0:42:20	1:26:17	1:11:44	1:01:59	0:20:39
Problemas Mecânicos	0:06:45	Outlayer	1:28:01	1:05:14	0:53:20	0:41:55
Problemas Elétricos	3:10:48	3:57:57	0:54:56	1:09:00	2:18:10	1:30:15
Problemas Hidráulicos	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:08:30	0:02:07	0:04:15
Problemas Comando Numérico	0:06:41	0:02:46	0:00:00	0:08:05	0:04:23	0:03:41
Outros Desperdícios	1:54:30	5:45:08	Outlayer	4:04:06	3:54:35	1:55:37
Pausa	Outlayer	1:01:11	Outlayer	0:47:41	0:54:26	0:09:33