

Implementação de métodos estandardizados para avaliação da  
capacidade de máquinas através de Cartas de Controlo

Bosch Car Multimedia Portugal Lda.

Luís Miguel Machado Lima Branco

Projecto Final

Orientador na Bosch Car Multimedia Portugal: Engenheiro Daniel Vieira

Orientador na FEUP: Prof. Dr. António Miguel Gomes



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

Julho de 2009

Aos meus pais e irmã

## Índice de Conteúdos

Resumo .....	ix
Abstract.....	x
Agradecimentos .....	xi
1. Introdução .....	1
1.1 Estrutura do Documento .....	1
1.2 O Problema em Análise .....	2
1.3 Apresentação da Bosch Car Multimedia Portugal Lda.....	2
2. Enquadramento Teórico.....	6
2.1 Matriz Causa Efeito .....	6
2.2 Cartas de Controlo .....	7
2.2.1 Monitorizar o Processo .....	8
2.2.2 Amostragem Racional e Sub - agrupamento Racional .....	9
2.2.3 Cartas de Controlo do Processo Estatístico .....	10
2.2.4 Interpretação dos Padrões Presentes nas Cartas de Controlo.....	10
2.2.5 Cartas de Controlo $\bar{x}$ R e $s$ .....	11
2.2.6 Cartas de Controlo X MR .....	12
2.2.7. Cartas de Controlo $\bar{x}$ R vs. Cartas de Controlo X MR .....	12
2.2.8 Capacidade do Processo.....	13
2.2.9 Índices de Capacidade do Processo - $C_p$ e $C_{pk}$ .....	13
2.3 Histograma.....	14
2.4 Diagrama Causa e Efeito .....	16
3. A Evolução da Utilização das Cartas de Controlo na BCMP – TEF 8.....	17
4. Procedimento para Controlo da Capacidade das Máquinas.....	19
4.1 Descrição das Fases do Trabalho Individual de Projecto .....	19
4.2 Breve Descrição dos Processos Desenvolvidos pela Máquinas .....	19
4.3 Fases do Trabalho Individual de Projecto.....	22
4.3.1 Fase 1: Definir.....	23
4.3.2 Fase 2: Medir .....	24
4.3.3 Fase 3: Análise.....	27
4.3.4 Fase 4: Controlo.....	37
5. Conclusões .....	39
Bibliografia.....	40
Anexo A.....	41
Anexo B.....	43
Anexo C.....	50
Anexo D.....	64
Anexo E.....	93

## Índice de Figuras

Figura 1 - Controlo do Processo .....	9
Figura 2 - Capacidade do Processo .....	9
Figura 3 - Carta de Controlo Shewhart.....	10
Figura 4 - Cartas de Controlo do tipo $\bar{x}$ R e $\bar{x}$ s .....	12
Figura 5 - Cartas de Controlo do tipo X MR.....	12
Figura 6 - Diagrama de Causa Efeito ou Diagrama de Ishikawa .....	16
Figura 7 - Etapas Pertencentes ao Processo de Fresagem de um PCB.....	20
Figura 8 - Base e Estrutura que Contém o Laser .....	21
Figura 9 - Etapas Pertencentes ao Processo de Soldadura por Onda de um PCB .....	21
Figura 10 - Etapas Pertencentes ao Processo de Soldadura Selectiva de um PCB .....	22
Figura 11 – Peça de Pulverização e <i>Nozzle</i> .....	22
Figura 12 - Local de Colocação da Paleta .....	22
Figura 13 - Corte na Placa de Teste a 500 mm/s .....	28
Figura 14 - Corte na Placa de Teste a 2,54 mm/s .....	28
Figura 15 - Placa de Teste após Fresagem à Velocidade de Avanço ao Corte de 20 mm/s .....	52
Figura 16 - Placa de Teste após Fresagem à Velocidade de Avanço ao Corte de 500 mm/s .....	52
Figura 17 - PCB após Fresagem à Velocidade de Avanço ao Corte de 2,54 mm/s .....	53
Figura 18 - Placa de Teste após Fresagem à Velocidade de Avanço ao Corte de 2,54 mm/s .....	53
Figura 19 - PCB após Fresagem à Velocidade de Avanço ao corte de 20 mm/s .....	54
Figura 20 - Placa de Teste após Desenho na Laser .....	55
Figura 21 - Multímetro Digital e Termopar Tipo K .....	56
Figura 22 – Definição da Profundidade para Medição da Temperatura de Solda.....	56
Figura 23 - Definição do Local para Medição da Temperatura de Solda.....	56
Figura 24 - Multímetro Digital e Termopar Tipo K .....	57
Figura 25 - Definição da Profundidade para Medição da Temperatura de Solda (SOLTEC 6745, 6747 e Pillarhouse) .....	57
Figura 26 - Definição do Local para Medição da Temperatura de Solda (SOLTEC 6745) .....	57
Figura 27 - Paleta de Teste para Estudo da Capacidade em x, y, z .....	58
Figura 28 - Tampa da Paleta de Teste com Pinos.....	59
Figura 29 - Tampa da Paleta de Teste com Furos e Respectivo Alfinete.....	59
Figura 30 - Paleta de Teste com Papel Térmico .....	60
Figura 31 - Papel Térmico Pulverizado com Tubo de Diâmetro de 270 $\mu$ m .....	60
Figura 32 - Papel Térmico Pulverizado com Tubo de Diâmetro de 130 $\mu$ m .....	61
Figura 33 - Placa de Cobre depois do Teste de Capacidade x, y, z .....	62
Figura 34 - Estrutura Integrada com Sensor de Deslocamento Digital .....	63
Figura 35 - Braço com Sensor de Deslocamento Analógico.....	63
Figura 36 - <i>Nozzle</i> .....	63
Figura 37 - Diagrama de Ishikawa para Primeira Manutenção Correctiva (Fresa).....	68
Figura 38 - Diagrama de Ishikawa para Segunda Manutenção Correctiva (Fresa).....	71
Figura 39 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva (Laser) .....	76
Figura 40 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva (Quantidade de Reagente Utilizado).....	82
Figura 41 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva (x, y, z – Soldadura) .....	89
Figura 42 - Impacto na Redução de Defeitos após Substituição da <i>Nozzle</i> na Máquina de Soldadura Selectiva SOLTEC VT02.....	94

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Formas Possíveis para Histogramas .....	15
Tabela 2 - Avaliações da População Segundo as Formas dos Histogramas.....	15
Tabela 3 - Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> .....	36
Tabela 4 - Constantes para a Construção de Cartas de Controlo X MR .....	42
Tabela 5 - Constantes para a Construção de Cartas de Controlo $\bar{x}$ R e $s$ .....	42
Tabela 6 - Matriz de Causa Efeito da Fresa.....	44
Tabela 7 - Matriz de Causa Efeito do Laser .....	45
Tabela 8 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura por Onda .....	46
Tabela 9 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - SOLTEC 6745 .....	47
Tabela 10 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - SOLTEC 6747 .....	48
Tabela 11 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - Pillarhouse .....	49

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Estudo da Temperatura ao Longo da Largura do Tanque de Solda - SOLTEC6745.....	32
Gráfico 2 - Estudo da Temperatura ao Longo da Profundidade do Tanque de Solda - SOLTEC 6745 .....	32
Gráfico 3 - Estudo da Temperatura ao Longo da Profundidade do Tanque de Solda - Pillarhouse .....	33
Gráfico 4 - Apresentação do Índice de Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva.....	65
Gráfico 5 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva .....	66
Gráfico 6 - Histograma para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva.....	66
Gráfico 7 - Apresentação do Índice de Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y sem Manutenção Correctiva.....	67
Gráfico 8 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y sem Manutenção Correctiva .....	68
Gráfico 9 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x após Primeira Manutenção Correctiva.....	69
Gráfico 10 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y após Primeira Manutenção Correctiva.....	70
Gráfico 11 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x após Segunda Manutenção Correctiva.....	72
Gráfico 12 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y após Segunda Manutenção Correctiva.....	73
Gráfico 13 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva .....	74
Gráfico 14 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y sem Manutenção Correctiva .....	75
Gráfico 15 - Antiga Carta de Controlo tipo x s Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Temperatura .....	77
Gráfico 16 - Nova Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Temperatura .....	78
Gráfico 17 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo x do Reagente sem Manutenção Correctiva .....	79
Gráfico 18 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo y do Reagente sem anutenção Correctiva.....	80
Gráfico 19 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Quantidade Utilizada do Reagente sem Manutenção Correctiva.....	81
Gráfico 20 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo x do Reagente após Manutenção Correctiva .....	83

Gráfico 21 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo y do Reagente após Manutenção Correctiva .....	84
Gráfico 22 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x da Solda sem Manutenção Correctiva ...	86
Gráfico 23 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y da Solda sem Manutenção Correctiva ...	87
Gráfico 24 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo z da Solda sem Manutenção Correctiva ...	88
Gráfico 25 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT01 .....	89
Gráfico 26 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT02 .....	90
Gráfico 27 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT04 .....	90
Gráfico 28 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT13 .....	91
Gráfico 29 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT10 .....	91
Gráfico 30 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do <i>Nozzle</i> na Máquina SOLTEC VT14 .....	92
Gráfico 31 - Impacto na Redução de Defeitos após Substituição do Diâmetro do Tubo Pulverizador na Máquina de Soldadura Selectiva SOLTEC VT04.....	95
Gráfico 32 - Defeitos nos Meses do Ano 2009 na Linha 9 .....	95
Gráfico 33 - Instrução de Trabalho para Novo Método de Medição da Temperatura nas Máquinas de Soldadura Selectiva SOLTEC.....	96

## Resumo

As Cartas de Controlo desempenham, hoje em dia, um papel fundamental na indústria mundial, pois são uma ferramenta com enormes potencialidades para detecção de falhas ou problemas de qualidade do produto, que ocorrem na própria máquina ou na execução do seu processo. Para conseguir solucionar essas falhas ou problemas de qualidade não basta ter um conhecimento teórico das Cartas de Controlo. É necessário, a criação de métodos sistematizados para medição das variáveis alvo num determinado processo produtivo, conseguindo assim, valores mais fiáveis e sustentados. Tendo métodos de medição sistematizados e conhecimento teórico de Cartas de Controlo torna-se mais fácil encontrar as causas “raiz” das falhas e problemas referidos.

O trabalho individual de projecto apresentado teve como caso de estudo a análise de quatro processos diferentes: fresagem, laser, soldadura por onda e soldadura selectiva, pretendendo implementar métodos normalizados para avaliar a capacidade das máquinas que realizam os quatro processos supracitados.

Para a concretização deste trabalho foi definida uma metodologia baseada em quatro fases principais: A Fase de Definição, onde se definem as variáveis mais importantes que necessitam de ser controladas. A Fase de Medição, que tem como base a criação e o desenvolvimento de métodos normalizados que permitam a medição das variáveis escolhidas anteriormente. A Fase de Análise, onde se conclui se a máquina é, ou não capaz de executar o processo dentro das tolerâncias pretendidas. Por último, a Fase de Controlo, que existe apenas quando a máquina tem capacidade para executar o processo com as tolerâncias pretendidas. É nesta fase que se propõem as condições e períodos para a realização dos testes de capacidade nas máquinas estudadas.

Após a conclusão do trabalho individual de projecto ficou claro que as Cartas de Controlo utilizadas de forma adequada, em conjunto com métodos de medição bem pensados e correctamente executados são uma ajuda fundamental na detecção de problemas nas máquinas ou nos próprios processos.

## **Abstract**

The Control Charts have today, a key role in the industry worldwide, because they are a tool with enormous potential for detection of flaws or problem of product quality, which occur in the machine or in the implementation of the process. To achieve the resolution of these quality failures or problems, theoretical knowledge of Control Cards it's not the enough. It is necessary, the establishment of systematic methods for the measurement of variables targets in a given production process, thus, more reliable and supported values. Having methods of measurement and systematic knowledge of Control Charts makes it easy to find the "genesis" causes of failures and problems mentioned.

The individual project was presented as a case study analysis of four different processes: milling, laser, wave weld and selective weld, seeking to implement standard methods to evaluate the ability of machines to develop the four processes above. To this work was defined a methodology based on four main phases. The definition phase, where you define the most important variables that need to be controlled. The measurement phase, which is based on the creation and development of standardized methods that allow the measurement of the variables selected above. The analysis stage which concludes that the machine is, or not capable of performing the procedure within the tolerances required. Finally, control phase, which exists only when the machine is able to run the process with the tolerances required. This is where they propose the conditions and time to test the ability of machines studied.

After completion of the individual project it became clear that the Control Charts used to control adequately, together with methods of measuring well designed and properly implemented is a crucial aid in the detection of problems in machinery or in individual cases.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer à empresa Bosch Car Multimedia Portugal Lda. pela oportunidade que me concedeu em efectuar o meu trabalho individual de projecto numa empresa reconhecida a nível mundial. Quero referir, de forma muito especial, o Eng.º Daniel Vieira pela boa orientação oferecida ao longo dos quatro meses, proporcionando-me todas as condições para efectuar um bom trabalho. Ao Dr. Germano Lopes, meu coordenador directo, pela sua inteira disponibilidade, ajudando-me em todos os aspectos e encaminhando-me, sempre que precisei, para as pessoas certas. Ao Eng.º Pedro Delgado, o “meu mestre”, pelas explicações acerca de Cartas de Controlo que me presenteou. É sem qualquer dúvida uma pessoa com muito conhecimento neste assunto, não tendo preconceitos em partilhá-lo. Ao Sr. Rodrigues, técnico de manutenção, pela paciência que teve comigo, na execução dos testes de capacidade e na correcção das máquinas. Sem ele, não conseguiria os resultados que obtive. Ao Sr. Domingos pela ajuda na correcção das fresas. Á Eng.ª Bruna Neto por todas as opiniões e ideias que me concedeu. Ao Sr. Joel, coordenador da serralharia, por construir a estrutura que projectei. Ao Eng.º Alessandro, coordenador do laboratório de medições, pelas milhares de medições que efectuou.

Ao Prof. Dr. António Miguel Gomes pela exigência e boa orientação que me deu a partir da FEUP.

A todos os meus amigos, especialmente ao Mauro Pereira, não só pela amizade, mas também pela ajuda no dia-a-dia que me ofereceu no decorrer do meu trabalho de projecto. O destino tem destas coisas. Ao Pedro Ferraz e à Carla Gonçalves pelas leituras e correcções (uma ou duas) feitas ao relatório.

Finalmente, aos meus pais, pela ajuda dada não só nesta fase final do meu curso, como na vida inteira.

A todos, muito obrigado.

## 1. Introdução

O projecto seguidamente apresentado enquadra-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica pertencente à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O trabalho individual de projecto incide na criação e implementação de rotinas de trabalho estandardizadas em máquinas da Bosch Car Multimedia Portugal, Lda. - BCMP, localizada nas imediações da cidade de Braga, para posteriormente conseguir uma correcta avaliação da capacidade das referidas máquinas através de Cartas de Controlo.

### 1.1 Estrutura do Documento

O relatório apresentado inicia-se com a presente introdução e desenvolve-se ao longo de cinco capítulos em conformidade com a seguinte estrutura.

Capítulo 1 – Introdução: Este capítulo contém uma descrição acerca do objectivo do trabalho individual de projecto desenvolvido na BCMP através de uma análise do problema. Contém também a apresentação da empresa, onde são referidos quais são os componentes eléctricos constituintes de um auto-rádio, os cuidados que a empresa tem para não tornar os rádios obsoletos protegendo-os de vários perigos (ex. electricidade estática), o sistema de produção em que a empresa se apoia explicando os seus oito princípios e finalmente refere também uma breve história da Bosch.

Capítulo 2 – Enquadramento Teórico: Enunciam-se as ferramentas utilizadas para a realização do trabalho individual de projecto nomeadamente a Matriz de Causa Efeito, o Diagrama de Ishikawa, os Histogramas e as Cartas de Controlo. As Cartas de Controlo são referidas com uma especial incidência pois foi a ferramenta que mais utilizada no meu trabalho de projecto. É feita uma descrição da sua utilidade, como se fazem e como se utilizam estas ferramentas, apresentando várias explicações, todas apoiadas em livros especializados no assunto. Neste capítulo é também contextualizada a utilização das ferramentas referidas na BCMP.

Capítulo 3 - A evolução da utilização das cartas de controlo na BCMP: Apresenta-se a evolução da utilização das cartas de controlo na secção onde decorreu o trabalho individual de projecto desde seu o início até à sua conclusão.

Capítulo 4 – Procedimento para Controlo da Capacidade das Máquinas: Descrevem-se todos os estudos e análises referentes ao trabalho de projecto. Este capítulo está subdividido em quatro fases: Fase de Definição, Fase de Medição, Fase de Análise e Fase de Controlo: Inicia-se o capítulo com uma explicação de quais as acções que se executam ao longo das quatro fases, segue-se uma breve descrição do funcionamento das máquinas em estudo no desenvolvimento dos processos e finalmente são detalhados todos os passos dados durante as quatro fases nas diferentes máquinas e nas suas variáveis estudadas, apresentando todo o trabalho científico desenvolvido.

Capítulo 5 – Conclusões: Apresentam-se as conclusões do trabalho individual de projecto assim como alguns comentários pessoais acerca desta primeira experiência profissional na BCMP.

## 1.2 O Problema em Análise

Com a crescente exigência dos clientes por produtos com uma elevada qualidade, um baixo custo e entregues no prazo estipulado, aumenta a necessidade das empresas se organizarem e prepararem para oferecerem produtos que satisfaçam as graduais imposições do mercado. Perante isto, surge a necessidade das mesmas conseguirem um controlo cada vez mais apertado dos seus processos produtivos, não só em relação ao produto mas, também em relação à máquina.

Uma das ferramentas mais utilizadas a nível mundial para este controlo é o Controlo Estatístico do Processo. Este tem como base as Cartas de Controlo, que constituem uma das técnicas mais eficazes no apoio à melhoria da capacidade/performance do processo e à sua estabilização. Além disto, estas conseguem ser ferramentas de acompanhamento e vigilância em tempo real dos processos, funcionando como um sistema de alerta para situações de descontrolo. No entanto para se conseguir retirar todo o potencial de uma Carta de Controlo é necessário saber trabalhar com e para ela. Deste modo, é necessário eliminar todos os possíveis erros grosseiros implícitos na fase de recolha de dados implementando processos sistematizados suportados. Caso seja necessário, estes devem ser aplicados por estruturas adequadas e específicas para o efeito e devem ser sempre adequadas ao tipo de Carta de Controlo mais indicado relativamente, a um determinado processo.

O objectivo deste trabalho individual de projecto é a implementação de métodos estandardizados para avaliação da capacidade de máquinas através de Cartas de Controlo na Bosch Car Multimedia Portugal Lda.

## 1.3 Apresentação da Bosch Car Multimedia Portugal Lda.

A sociedade do século XXI caracteriza-se como uma sociedade de consumo e exigente em níveis elevados de conforto contribuindo para que se assista a um gradual aumento do número de automóveis por pessoa. Apesar da situação económica mundial se apresentar inquietante e em risco de recessão global, o automóvel assume uma enorme importância, sendo indispensável na vida de um cidadão, veja-se por exemplo, que na maior parte das empresas é exigido que os seus colaboradores possuam carta de condução. Assim, o nível de exigência de qualidade num automóvel aumenta de dia para dia, pelo que é imprescindível assegurar grandes níveis de qualidade de modo, a satisfazer os consumidores.

Não sendo um dos principais constituintes de um automóvel, o rádio/sistema multimédia, apresenta uma importante função na utilização quotidiana já que é uma útil fonte de informação social, transmitindo a qualquer pessoa as notícias actualizadas ou então a sua música preferida. À primeira vista e para a população em geral o auto-rádio apresenta uma constituição simples composta por alguns botões e *display*. Contudo, o auto-rádio é constituído por variadíssimos componentes que estão sujeitos a uma montagem com um elevado grau de complexidade. É a esta montagem que a Bosch Car Multimedia Portugal Lda. se dedica há já vários anos sendo hoje em dia uma referência a nível mundial.

É de grande importância referir que durante o período em que decorreu o trabalho individual de projecto a BOSCH decidiu modificar o nome que a empresa tinha, passando de Blaupunkt Auto-rádio Portugal, Lda. – Grupo Bosch para Bosch Car Multimedia Portugal Lda., maioritariamente por razões de marketing. O presente trabalho de projecto decorreu no departamento de TEF (abreviação de origem alemã que traduzindo para o português

corresponde a Tecnologias de Apoio à Produção) que compreende todas as tecnologias de apoio à produção, mais propriamente na secção de TEF 8 que tem como responsabilidade a manutenção mecânica dos equipamentos de produção.

A fábrica da Bosch Car Multimedia Portugal executa a sua produção em dois pisos diferentes, destinando-se o superior à inserção dos componentes eléctricos em placas de circuito impresso. As máquinas utilizadas para esta função são poderosíssimas, de grandes dimensões e com tempos de ciclo extremamente pequenos. Os componentes eléctricos são montados nas placas de circuito impresso de duas maneiras diferentes: (1) a montagem convencional, que se pode subdividir em axial e radial e a (2) montagem em formato SMD (*Surface Mount Device*), que significa que os componentes são montados na superfície e têm como função a ligação eléctrica entre dois ou mais pontos.

São diversos os componentes eléctricos montados nas placas de circuito impresso, tendo cada um a sua função, sendo importante o seu conhecimento para uma percepção assertiva da constituição de um auto-rádio. Os principais constituintes de um auto-rádio são os seguintes: (1) as resistências, que têm como função limitar a passagem de corrente eléctrica, (2) os potenciómetros onde o seu princípio de funcionamento é resumido pela variação de volume através da variação manual da sua resistência interna, (3) os *encoders* onde o seu funcionamento apenas difere dos potenciómetros na variação de volume sendo efectuada através de codificação por impulsos, (4) os comutadores ou *switch* que ligam dois micro-pontos na placa, (5) as bobinas e os condensadores que permitem filtrar sinais, (6) os díodos (silício e zener) que têm como função bloquear a passagem de corrente, (7) os díodos emissor de luz (LASER) que emitem luz muito intensa e extremamente linear usada nos aparelhos leitores de CD/MD/DVD, (8) os díodos emissor de luz (LED) onde a sua função está objectivada à emissão de luz visível ou invisível, (9) os transístores que amplificam sinais (som, radiofrequência, etc.), (10) os cristais osciladores que criam um sinal oscilatório para o funcionamento dos relógios e dos microprocessadores e também filtram sinais, (11) os circuitos integrados (IC's) e os chips que são pequenos elementos em silício em que as memórias são construídas e que através das suas excelentes características como por exemplo o seu reduzido tamanho e peso, reduzem o custo da produção dos auto-rádios e aumentam as prestações e funcionalidades do produto mas, por outro lado, são sensíveis ao ESD (*Electro Static Discharge*) e a temperaturas externas.

O piso inferior dedica-se à inserção manual de alguns dos componentes referidos anteriormente, a um controlo de qualidade do auto-rádio e à montagem final deste. Aqui são montados à placa de circuito impresso componentes como *tunners* onde a sua função é seleccionar/sintonizar os sinais desejados, eliminando os indesejados, caixas de ligação que permitem estabelecer a ligação do auto-rádio com dispositivos exteriores, painel frontal do auto-rádio que corresponde ao local onde o utilizador visualiza informação (*display*) e/ou activa funcionalidades (teclas), caixilho e tampas que suportam a placa de circuito impresso e protegem o auto-rádio. Este é o piso onde foi realizado o meu trabalho individual de projecto pois, todas as máquinas submetidas a análise de capacidade localizam-se neste local.

Dado que o auto-rádio é composto por vários componentes eléctricos ambos os pisos têm um rigoroso controlo à entrada da área de produção devido ao problema da electricidade estática, também conhecido por ESD. Estas são descargas de electricidade estática de valores indefinidos e que podem ou não ser sensíveis a quem produz essa descarga. A electricidade estática ficará armazenada ou acumulada em todos os objectos chamados de isoladores, até que sejam tocados

por outros. São exemplos de isoladores os plásticos, acrílicos, borracha, lã, cabelo, teflon, entre outros. Os objectos chamados condutores ou dissipativos também acumulam a electricidade estática, mas descarregam-na facilmente se estiverem em contacto com a “terra”. Na indústria electrónica a ESD quando passa através de um componente sensível pode resultar na sua degradação total ou parcial pelo que a destruição dos componentes é fonte de elevados prejuízos directos e indirectos para a empresa. Para combater este problema todos os colaboradores utilizam bata ESD, calçado anti-estático e pulseira anti-estática (apenas para quem trabalha sentado), para além de existir um controlo do ambiente tendo este, uma percentagem de humidade relativa adequada.

A Bosch exige uma produção sem desperdício querendo otimizar todo o processo produtivo através da redução do *Lead Time*, do custo dos produtos e continuando a fornecer a qualidade pela qual a empresa é reconhecida em todo o mundo. Para isto ser concretizado recorre ao BPS (Bosch Production System) – Sistema de Produção da Bosch, que torna possível a produção sem desperdício ou *Lean Production* e orientada para o futuro. O BPS tem como objectivo o desenvolvimento contínuo e global dos processos de produção e da logística, aumentando a qualidade e a entrega dos produtos. Os oito princípios inerentes ao BPS são:

1. “Princípio de Puxar: Produz e fornece ao cliente só o que ele necessita; os stocks geram custos elevados e causam problemas; não permite que os custos de armazenamento aumentem; reduz os tempos de entrega e os stocks sincronizando a produção e logística para um tempo de ciclo que é determinado pelo pedido do cliente.
2. Orientação para o processo: Visa a melhoria global e não apenas a optimização da função. Criar, otimizar e controlar o processo global é a ideia que está por detrás do controlo e organização da produção e tem um claro objectivo: Todos os processos desde o pedido do cliente até à execução da encomenda são simplificados e acelerados.
3. Qualidade Perfeita: Zero defeitos, este é o objectivo que se pretende atingir. A prevenção do defeito tem prioridade sobre a sua detecção, através de uma combinação de medidas preventivas e de ciclos de controlo rápido, evitando-se a repetição de defeitos e atingindo-se taxas de “fazer bem à primeira” elevadas.
4. Flexibilidade: Adapta-se facilmente e de forma rápida às ferramentas e organização do trabalho ao pedido do nosso cliente. Novos produtos são implementados de forma simples e rápida. Os equipamentos mecânicos são pensados de forma a ter em conta o ciclo de vida de produto. Pode-se integrar e desenvolver continuamente processos e métodos em qualquer momento no nosso sistema produtivo.
5. Normalização: Faz-se uso do seu conhecimento. Adoptando-se e normalizando-se o melhor método. É um elemento importante para garantir sequências de trabalho fiáveis e flexíveis. A normalização é continuamente melhorada. Trabalha-se constantemente na sua melhoria. A vantagem deste princípio é permitir identificar rapidamente os desvios e facilitar a eliminação de desperdícios, tornando o processo mais transparente.
6. Eliminação do Desperdício e Melhoria Contínua: As normalizações que já estão implementadas formam uma boa base para melhorias futuras. Permite de forma eficiente eliminar os desperdícios e criar processos que podemos monitorizar em todas as situações.
7. Transparência: Os processos explicam-se a si próprios pois são simples e directos e é o único caminho para atingir os nossos objectivos e garantir a melhoria contínua. A transparência mostra os desvios, permitindo ver de forma clara o processo de produção.

Isto quer dizer que todos conhecem as suas tarefas e objectivos, conseguindo-se uma melhor visão global.

8. Envolvimento: Todos contribuem para o sucesso dos processos produtivos de forma competente e com responsabilidade. É imperial utilizar o conhecimento e criatividade de todos os colaboradores para o desenvolvimento da empresa.” (Semanas, 2008)

Além dos oito princípios enunciados anteriormente, a Bosch tem implementado outras metodologias poderosas como o “MUDA” (significa desperdício) tendo como objectivos: o combate à produção em excesso, a materiais parados (stock), à optimização da movimentação das pessoas, do próprio espaço – superfície e do transporte de materiais, a redução da espera por parte das pessoas, e a eliminação dos erros e reparações. Uma grande variedade de elementos, TPM, 5S, Poka Yoke, Diagrama de Pareto, os 5 porquês, Histogramas, Matriz de Causa Efeito, PDCA (Plan, Do, Check, Act) entre outros permitem-nos colocar o BPS em prática.

“A Blaupunkt enquanto empresa do Grupo Bosch contribui activamente para a economia do país, encontrando-se entre os dez maiores exportadores nacionais. O valor das compras ascende a 33 milhões de euros. O impacto a nível regional é substancial, empregando actualmente cerca de 1500 colaboradores. Entre estes encontra-se um grupo de Engenheiros e Técnicos (cujo número quadruplicou desde 1999) que desenvolvem novos produtos e sistemas, bem como métodos de produção inovadores. O seu trabalho é dirigido também ao melhoramento contínuo de produtos já existentes. Todas as amostras de auto-rádios, desde o protótipo até ao produto final são actualmente, produzidas em Braga. Paralelamente, é dado apoio ao desenvolvimento dos sistemas de qualidade dos fornecedores locais, à gestão de projectos, ao fluxo logístico, etc. A preocupação com a protecção do meio ambiente é um dos princípios básicos da empresa. A Bosch está entre as primeiras sete empresas portuguesas registadas no EMAS (Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria).” (Blaupunkt)

“A Bosch em Portugal é uma filial do Grupo Bosch, uma das maiores sociedades industriais privadas a nível mundial. O grupo Bosch opera em várias áreas tais como: tecnologia automóvel, tecnologia de automação, tecnologia dos metais, tecnologia de embalagem, ferramentas eléctricas, termotecnologia, electrodomésticos, sistemas de segurança e redes de banda larga. O grupo Bosch é detido em 92% pela fundação Robert Bosch e tem a seu cargo as actividades filantrópicas e sociais tal como estipulou o seu fundador, alargando os seus objectivos para satisfazer a sociedade moderna. A Fundação utiliza os seus fundos para apoio a actividades inter-culturais, de carácter social e investigação médica. No ano de 2008, o volume de negócios no grupo a nível mundial ascendeu a 45,1 mil milhões de euros com cerca de 280.000 colaboradores. O peso do investimento em investigação e desenvolvimento manteve-se elevado: 3,9 mil milhões de euros. Em Portugal, o grupo Bosch em 2008 teve um volume de facturação de 765 milhões de euros, empregando 3.576 colaboradores nas seis empresas detidas a 100% pelo grupo Bosch, Bosch Termotecnologia SA, Blaupunkt – Auto-rádio Portuguesa, Robert Bosch Unipessoal, Robert Bosch Travões, Motormeter Portuguesa, Robert Bosch Security Systems e na BSHP Electrodomésticos, empresa resultante de uma associação na qual a Bosch e a Siemens detêm quotas iguais. A tecnologia automóvel é uma das maiores divisões do Grupo Bosch e em 2008, as vendas mundiais corresponderam a cerca de 26,5 mil milhões de euros, representando mais de 58% do total das vendas, contribuindo para a afirmação da Bosch como um dos maiores fabricantes de tecnologia do mundo.” (Bosch)

## 2. Enquadramento Teórico

Ao longo do desenvolvimento do meu trabalho individual de projecto necessitei de recorrer a várias ferramentas com grande utilização não só na Bosch mas, também a nível mundial, pois a sua potencialidade para apresentação de resultados fiáveis e sustentados é elevada. Seguidamente, é apresentada uma explicação teórica da utilização dessas ferramentas e dos resultados que se podem retirar destas. Considerando o objectivo do trabalho, é feita uma descrição pormenorizada das Cartas de Controlo.

### 2.1 Matriz Causa Efeito

“A Matriz de Causa Efeito é uma matriz de processos do QFD (*Quality Function Deployment*) usada para relacionar e hierarquizar as prioridades das variáveis do processo (X's) com os requisitos do cliente (Y's), através de uma ordenação numérica, usando como fonte primária o mapeamento do processo. O objectivo desta matriz é evidenciar as variáveis do processo que estão associadas com as características de qualidade, para auxiliar na identificação das variáveis críticas para a qualidade do produto que devem ser monitorizadas e/ou optimizadas. O preenchimento da matriz de causa efeito permite a visualização da importância de cada variável constituinte do processo. A escala utilizada teve uma pontuação de 1 a 9, onde a saída mais importante recebeu o número mais alto. O relacionamento das características da qualidade, com as variáveis do processo, consiste em avaliar o grau de relação existente entre as variáveis do processo (variáveis de entrada) e as características de qualidade (requisitos do cliente). Para esta avaliação foi utilizada a seguinte escala: (i) 0 = não há relação entre a variável do processo e o requisito do cliente; (ii) 1 = a variável do processo afecta só remotamente o requisito do cliente; (iii) 4 = a variável de entrada tem um efeito moderado no requisito do cliente; (iv) 9 = a variável de entrada influencia fortemente no requisito do cliente.

O estabelecimento das relações é feito respondendo à seguinte questão: *se a variável “X” for perfeitamente controlada, estará assegurando o atendimento das especificações para as características da qualidade?”* Para mais detalhes sobre o funcionamento e a utilização da ferramenta de qualidade Matriz Causa Efeito consultar em (Abepro).

Esta ferramenta tem uma utilização recente na BCMP. Poucos colaboradores têm conhecimento para a sua aplicação prática. Apenas na recta final do meu trabalho individual de projecto se realizou uma formação (formação Seis Sigma) onde foi instruída esta ferramenta aumentando o número de colaboradores com o *know how* adequado para sua utilização. Dado o défice de conhecimento desta ferramenta, as escolhas das várias variáveis existentes nos processos são realizadas por equipas de colaboradores de apenas um dado departamento ou secção, não existindo uma equipa constituída por colaboradores de diversas áreas. Se a opção recaísse na formação de equipas de diferentes departamentos e quadrantes, conseguia-se assim, diferentes maneiras de interpretar quais e quantas são, as variáveis mais importantes no desenvolvimento de um determinado processo.

Outra das lacunas da falta de conhecimento desta ferramenta é a atribuição da avaliação às variáveis. Se, por alguma razão, pensar-se que uma dada variável é importante na realização do processo atribuindo-lhe uma avaliação alta, mas no entanto, vem-se a descobrir que essa variável não é tão importante como se pensava, corresponde a uma desvirtuação do resultado oferecido pela Matriz de Causa Efeito.

A BCMP tem todas as condições para utilizar esta ferramenta de forma adequada. Com diferentes ideias, mais discussão e mais conhecimento aumenta não só a probabilidade de sucesso na utilização da Matriz de Causa Efeito, como também o espírito de equipa na empresa.

## 2.2 Cartas de Controlo

“Na segunda metade dos anos vinte, Dr. Walter A. Shewhart pertencente à Bell Telephone Laboratories desenvolveu a teoria do controlo estatístico de qualidade. Concluiu que aí existiam dois parâmetros de variação que estavam presentes em todos os processos industriais. O primeiro parâmetro era um parâmetro contínuo (variação aleatória), que parecia ser inerente ao processo. O segundo parâmetro era uma variação intermitente responsável por causas assinaláveis. Concluiu também, essas causas assinaláveis poderiam ser economicamente descobertas e removidas com um programa de diagnóstico eficaz, mas essas causas aleatórias não poderiam ser removidas sem executar alterações básicas nos processos. Dr. Shewhart é reconhecido por ter desenvolvido uma Carta de Controlo teste standardizada baseada nos limites de  $3\sigma$  distinguindo a variação do parâmetro contínuo e do parâmetro de causas assinaláveis.

Deming diz: “A falha de interpretação das observações, vista em todo o lado, justifica-se supondo que todos os acontecimentos (defeitos, enganos, acidentes), são atribuídos a alguém (normalmente ao que está mais à mão), ou são relacionados com algum acontecimento especial.” Deming completa: “A confusão entre causas comuns e causas especiais conduz à frustração de toda a gente, conduz também a uma maior variabilidade e maiores custos, exactamente ao contrário do que é necessário. Eu deveria estimar que pela minha experiência a maioria dos problemas e a maioria das possibilidades para melhoria acumulam proporções parecidas com isto: 94% pertence ao sistema (responsabilidade da gestão), 6% pertence a causas especiais.” Juran classifica os problemas industriais em duas categorias, esporádicos e crónicos. Da mesma maneira, havia discussão acerca da caracterização das situações dos processos por Deming, também afirmando que resultavam de causas comuns e causas especiais. Foi enunciado que uma acção correctiva pode ser muito diferente dependendo das duas categorias existentes numa dada situação. O funcionamento das cartas de controlo aqui discutido é uma ferramenta que consegue identificar quando causas especiais ou comuns (problemas esporádicos ou crónicos) existem e ter a apropriada acção correctiva. Estas técnicas também podem ser muito benéficas para conseguir uma visão mais ampla e também mais pormenorizada do processo.” (BreyfogleIII, 2003)

É oferecida pouca atenção às Cartas de Controlo na avaliação da capacidade das máquinas pertencentes à produção no piso correspondente à montagem manual dos componentes. Muitas das vezes é exigido ao fornecedor que realize esses testes não conhecendo os métodos de medição utilizados e qual o conhecimento nesta área, correndo o risco dos resultados apresentados serem falsos.

A falta deste controlo traduz as muitas avarias existentes nas máquinas, principalmente as mais recentes com cinco a seis anos, não existindo ainda um conhecimento profundo do funcionamento das máquinas.

No piso correspondente à montagem automática dos componentes eléctricos existe um departamento com a função da avaliação da capacidade das máquinas, tendo um colaborador

com grande conhecimento no controlo estatístico de processos, mais concretamente em Cartas de Controlo. Esse colaborador é autor de vários artigos sobre estudos feitos nas máquinas de inserção automática para avaliação da capacidade recorrendo às Cartas de Controlo. Esses estudos tiveram resultados bastante bons melhorando a realização do processo executado pela máquina trazendo assim sucesso não só para o próprio como para a empresa.

Em relação à utilização de Cartas de Controlo nos processos, a empresa tem um departamento que desempenha essa função.

Penso que a inexistência das Cartas de Controlo se deve não só aos custos associados, mas também à dificuldade de implementação desta ferramenta nas empresas. Sendo uma ferramenta bastante perceptível visualmente, isto é, todos conseguimos dizer que um determinado processo ou uma determinada máquina não está em controlo se um ponto presente numa Carta de Controlo estiver acima ou abaixo das linhas de especificação. No entanto, as análises necessárias não se restringem apenas a esta verificação. É necessário ir mais além, conhecer os conceitos teóricos que estão por trás das Cartas de Controlo.

Outra das dificuldades presentes na utilização desta ferramenta é a necessidade de algum tempo para conseguir o controlo. Não se consegue controlar um processo ou uma máquina da noite para o dia, mas o mais importante é não desistir logo que o primeiro resultado negativo aparece. É mais seguro seguir metodologias que já demonstraram bons resultados noutros momentos do que continuar na metodologia da “tentativa – erro”.

Penso que a empresa tem noção que necessita se aperfeiçoar na utilização das Cartas de Controlo estando no caminho certo para uma boa implementação desta poderosa ferramenta.

Seguidamente apresento algumas noções que é importante reter para uma boa percepção do trabalho individual de projecto.

Para mais detalhes sobre Cartas de Controlo recorrer a (BreyfogleIII, 2003) ou (Montgomery, 1997).

### 2.2.1 Monitorizar o Processo

“Diz-se que um processo está em processo estatístico de controlo quando não existem causas especiais. A Figura 1 - Controlo do Processo em baixo representada ilustra um processo em ambas as condições, ou seja, em controlo e fora de controlo. Quando um processo está em controlo estatístico, isto não implica que o processo esteja a produzir a qualidade desejada dos produtos relativamente aos limites de especificação. A produção global de um processo pode estar em controlo estatístico e mesmo assim continuar a produzir defeitos a uma taxa de 20%; isto é considerado como um problema de capacidade/performance e não um problema de controlo do processo. No entanto, um processo pode estar em controlo estatístico e não ser capaz de produzir constantemente os produtos dentro dos limites de especificação, como se mostra na Figura 2 - Capacidade do Processo. Isto poderá ocorrer pois a média do processo está deslocada em relação ao valor nominal alvo, ou devido a uma variabilidade excessiva. Os estudos de capacidade/performance podem ser utilizados para avaliar esta situação.”

(BreyfogleIII, 2003)

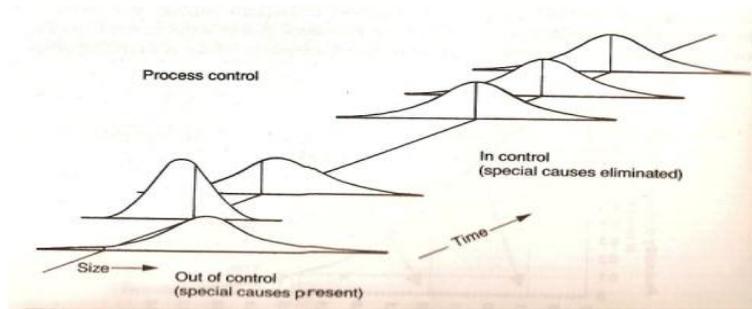


Figura 1 - Controlo do Processo  
(BreyfogleIII, 2003)

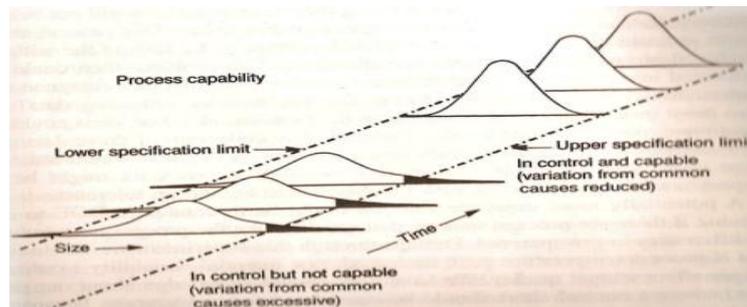


Figura 2 - Capacidade do Processo  
(BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.2 Amostragem Racional e Sub - agrupamento Racional

“A eficácia da utilização de cartas de controlo depende de ambos os termos: amostragem racional e sub - agrupamento racional. Os esforços deverão ser concentrados para o uso de uma técnica simples mas que forneça a melhor análise. Amostragem racional envolve a melhor selecção do melhor o quê, onde, como e quando serão feitas as medições. A frequência de amostragem é racional se for suficientemente frequente para conseguir monitorizar as mudanças de processo. Os planos de amostragem deverão conduzir-nos a análises que nos forneçam uma visão mais profunda e não apenas a apresentação de números. Tradicionalmente, as questões do sub – agrupamento racional estão relacionadas com a selecção das amostras, que contenham um rendimento relativamente a condições homogéneas, dentro do subgrupo para uma pequena porção de tempo ou espaço (talvez cinco em coluna). Por isso, a variação entre subgrupos define os limites da Carta de Controlo. Para uma dada situação, metodologias de sub - agrupamento diferentes pode afectar dramaticamente a variação medida entre subgrupos, que por sua vez afecta a largura dos limites de controlo. O sub – agrupamento pode afectar os resultados e as respectivas análises das cartas de controlo  $\bar{x}$  R. Os gráficos das médias identificam diferenças entre os subgrupos. A variação entre os subgrupos determina a sensibilidade das cartas de controlo. Devido a isto, é importante considerar as fontes de variação para a medição e seguidamente organizar os subgrupos correctamente. Soluções não apropriadas podem resultar quando estas fontes não são consideradas colectivamente dentro dos planos de amostragem.” (BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.3 Cartas de Controle do Processo Estatístico

“As Cartas de Controle Shewhart (Shewhart 1931) mostram como se desenvolve um determinado processo ao longo do tempo, conforme se pode ver na Figura 3 - Carta de Controle Shewhart. Esta carta pode mostrar parâmetros de processo por variáveis e por atributos. Os tipos de cartas para variáveis abordados seguidamente são média ( $\bar{x}$ ), intervalo (R), desvio padrão (s) e valores individuais (X). Os tipos de cartas para atributos existentes são proporção de não conformes (p), número de itens não conformes (np), número de não conformidades (c) e não conformidades por unidade (u). Tipicamente os limites de controle encontram-se mais ou menos três desvios padrões com pelo menos vinte dados utilizados nas cartas de controle. Quando um ponto se encontra fora destes limites, diz-se que o processo está fora de controle. É importante referir que o processo, e não a especificação, determina os limites de controle do processo. Os termos, dados aleatórios e dados contínuos descrevem a mesma situação. Estas situações envolvem medições como o tempo de ciclo, peso, temperatura e tamanho. Uma regra de ouro é considerar dados como contínuos se, até dez valores diferentes ocorrem e não mais do que vinte por cento do conjunto de dados são valores repetidos.” (BreyfogleIII, 2003)

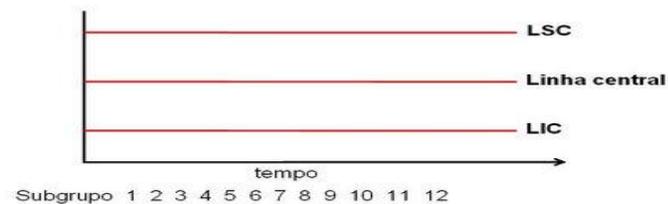


Figura 3 - Carta de Controle Shewhart (Montgomery, 1997)

### 2.2.4 Interpretação dos Padrões Presentes nas Cartas de Controle

“Quando um processo está em controle, o padrão da Carta de Controle deve exibir “características naturais” como se os dados nele presente tivessem sido recolhidos aleatoriamente. Alguns exemplos de padrões considerados não naturais são a mistura, a estratificação e a instabilidade.

Nos padrões considerados não naturais classificados como mistura, podemos ver a ausência de pontos perto da linha central. Estes padrões podem ser a junção de dois padrões diferentes numa só carta: um no nível superior e outro no nível inferior. Nos padrões classificados como estratificação existe uma variação subida – descida (ou vice-versa), em que a variação é muito pequena em comparação com os limites de controle. Este padrão ocorre quando as amostras recolhidas apresentam consistentemente distribuições muito diferentes. Padrões instáveis apresentam pontos fora dos limites de controle. Este padrão consegue indicar que algo se alterou dentro do processo. Considere estas análises adicionais para determinar se existe instabilidade no processo. Relembro que sempre que se afirma que o processo está fora de controle existe uma hipótese de essa afirmação ter sido feita erradamente pois há uma certa probabilidade das amostras serem desenhadas anormalmente, “boas” ou “más”. Esta probabilidade de erro cresce com a introdução de mais critérios de análise.” (BreyfogleIII, 2003)

“Os critérios existentes que analisam a evolução da carta e indicam se o processo tem algum desvio são:

1. Tendências – sete ou mais pontos a subir ou a descer (ou uma tendência evidente).

2. Grandes Oscilações – dois de entre três pontos sucessivos existir um entre o Limite Superior de Controlo e a linha de +2 sigma ( $\sigma$ ) e o outro entre o Limite Inferior de Controlo e a linha - 2 sigma.
  3. Proximidade da linha central – quase todos os pontos colocados dentro da área limitada pelas linhas  $\pm 1.5$  sigma (provável indicação de mistura de populações com diferentes valores esperados).
  4. Periodicidade – auto correlação negativa e positiva.” (Montgomery, 1997)
- “Cada padrão existente numa Carta de Controlo conta-nos uma história. Por exemplo, um padrão cíclico, ou seja, repetitivo, que tenha uma larga amplitude em relação aos limites de controlo poderá indicar que essas amostras foram retiradas de duas populações diferentes. Isto pode ocorrer devido a diferenças existentes nos equipamentos ou mesmo nos operadores. “ (BreyfogleIII, 2003)

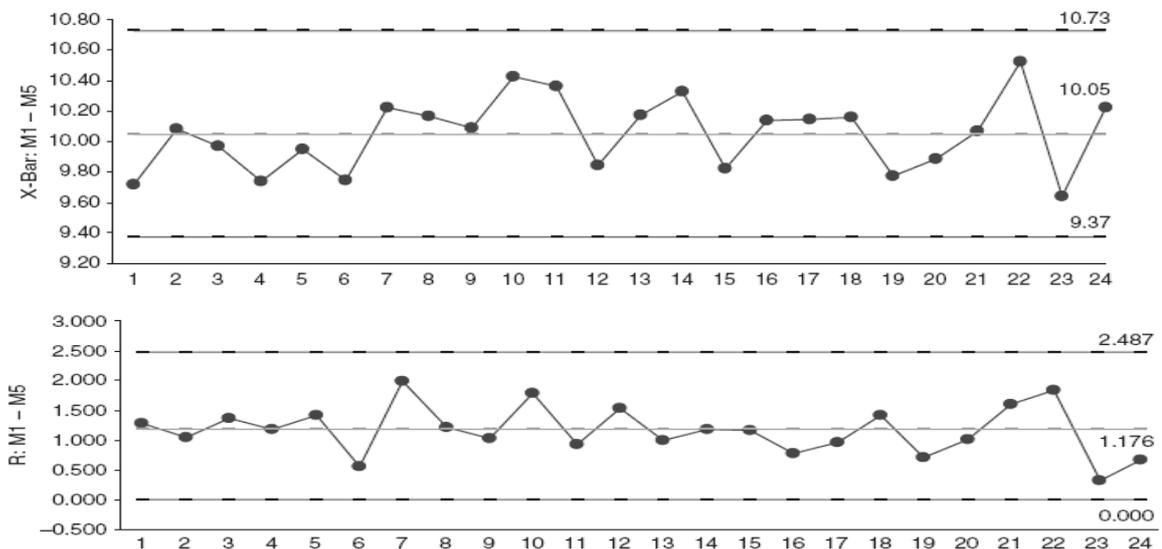
### 2.2.5 Cartas de Controlo $\bar{x}$ R e $\bar{x}$ s

“Considere que um subgrupo racional de  $m$  amostras de tamanho  $n$  são retiradas num certo período de tempo. O número de  $m$  amostras tem de ser pelo menos entre 20 e 25, onde  $n$  será sempre mais pequeno, ou seja, 4, 5, ou 6. Para cada amostra de tamanho  $n$  a média (*Mean*) e o intervalo (*Range*) podem ser determinados, onde o intervalo é a diferença entre o maior e o menor valor lidos.

Para um processo variável para estar em controlo estatístico, a média e o intervalo (ou o desvio padrão) do processo têm de estar controlados.

Em geral, é preferível utilizar um desvio padrão para cada subgrupo em vez do intervalo quando se analisa a variabilidade. Isto era mais difícil no passado antes do advento das calculadoras e dos computadores a receber e fornecer informação on-line. No entanto, quando os tamanhos da amostra para  $n$  têm uma magnitude de 4 a 6, a aproximação do intervalo é satisfatória e tipicamente utilizada. Quando o tamanho da amostra  $n$  para os subgrupos é moderadamente larga, digamos ( $n > 10$  a 12), o método do intervalo para estimar  $\sigma$  perde eficácia. Nestas situações é melhor calculá-lo usando as cartas de controlo  $\bar{x}$  s,

Se sucessivos grupos de valores traçados nos gráficos s ou R estão em controlo, pode-se afirmar que o gráfico  $\bar{x}$  está também em controlo.”



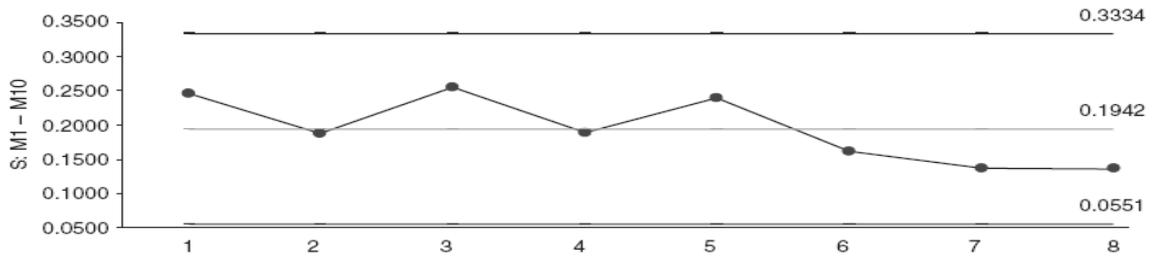


Figura 4 - Cartas de Controlo do tipo  $\bar{x}$  R e  $\bar{x}$  s (BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.6 Cartas de Controlo X MR

“A carta de valores individuais é tipicamente referida como sendo uma carta I ou uma carta X. O gráfico de intervalo – móvel frequentemente acompanha estas cartas; por isso a designação cartas I MR ou X MR”. Eu usarei a nomenclatura X MR. “O critério das cartas  $\bar{x}$  R é considerar tamanhos da amostra maiores que um entre grupos de amostragem. Para algumas situações, como processos envolvendo lotes químicos, o tamanho da amostra apenas ser um é suficiente. Valores individuais deste tipo podem ser traçados usando um gráfico X. Por vezes, prefere-se não construir gráficos de intervalo móvel pois qualquer informação que pode ser obtida a partir do intervalo móvel está contida no gráfico de valores individuais, X, e os intervalos móveis estão correlacionados, o que poderá levar ao aparecimento de padrões cíclicos. Devido a esta correlação artificial, a avaliação feita para gráficos de intervalos móveis (quando são utilizados) não deverá envolver o critério de padrão cíclico para a condição de “não controlo”.” (BreyfogleIII, 2003)

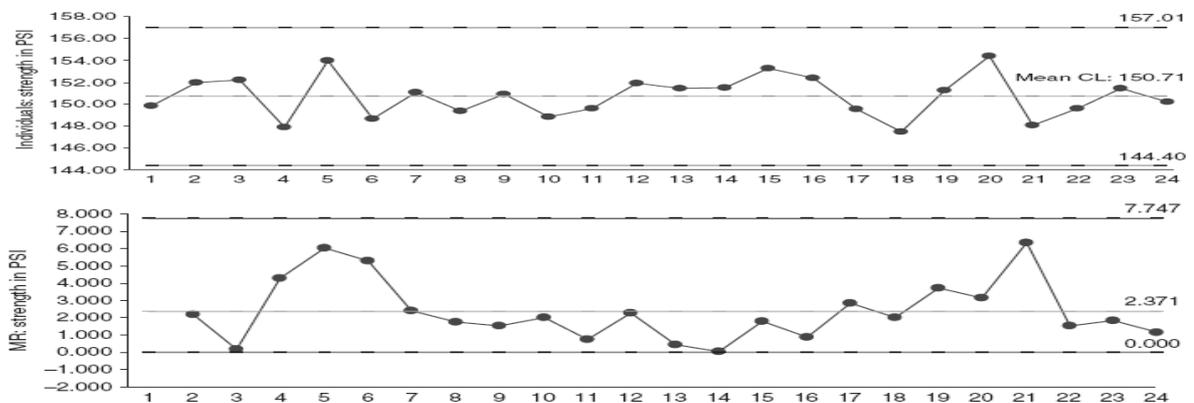


Figura 5 - Cartas de Controlo do tipo X MR (BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.7. Cartas de Controlo $\bar{x}$ R vs. Cartas de Controlo X MR

“Wheeler (1995a) afirma que as cartas de controlo X MR são utilizadas para aplicações em tempo real envolvendo um certo intervalo no período de recolha de dados ou valores. Ele sugere o seguinte:

Cartas de controlo do tipo valores individuais conseguem alcançar uma resposta atempada a qualquer desvio existente ao longo das várias etapas de um processo.

Cartas de controlo do tipo valores médios - móveis utilizam-se quando é mais importante o conhecimento acerca de tendências recentes do que responder a súbitas mudanças.

Se alguém estiver a utilizar variabilidade num curto prazo dentro da capacidade do processo, poderá existir uma larga diferença causada pela selecção da metodologia da Carta de Controlo. Para uma carta  $\bar{x}$  R, variabilidade a curto prazo é estimada a partir da variabilidade dentro de um subgrupo, enquanto numa Carta de Controlo X MR a variabilidade é estimada a partir do intervalo móvel. Se entre os subgrupos a variabilidade é muito maior do que dentro de subgrupos, o “curto prazo” do desvio padrão determinado nas cartas  $\bar{x}$  R, irá ser menor do que deveria ser se um valor de cada subgrupo for seleccionando o traçado utilizando a carta X MR. Em relação ao segundo cenário, o desvio padrão será determinado a partir do intervalo móvel da Carta de Controlo X MR.” (BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.8 Capacidade do Processo

“Os estudos de capacidade/performance do processo servem para avaliar critérios relativamente a especificações do processo. Os estatísticos frequentemente questionam-se como é que as capacidades indicam tão bem o estado do processo. Estes índices são pedidos pelos clientes aos seus fornecedores. O cliente pode apontar os objectivos que pretende a nível de capacidade/performance do processo e a seguir discutir com os fornecedores qual o seu nível de conformidade para esses objectivos.” (BreyfogleIII, 2003)

Apesar de neste excerto apenas referir os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$ , durante o trabalho individual de projecto, trabalhei maioritariamente com os índices  $C_m$  e  $C_{mk}$ . São em tudo muito semelhantes, mas enquanto os dois primeiros referem-se à capacidade do processo, os dois últimos estão relacionados com a capacidade da máquina que realiza o processo.

**“Processo Inerente de Variação:** Esta porção de variação do processo deve-se somente a causas comuns.

**Processo Total de Variação:** Esta é a variação devido a causas comuns e causas especiais.

**Capacidade do Processo:** O intervalo  $6\sigma$  do processo inerente de variação, para o processo estatisticamente estável onde  $\sigma$  é usualmente estimado por  $(R/d2)$ .

$C_p$  – É o índice de capacidade definido pela largura da tolerância dividida pela capacidade do processo, independentemente de o processo estar centrado.

$C_{pk}$  – É o índice de capacidade que contabiliza se o processo está centrado. Está relacionado com a distância entre a média do processo e o limite de especificação mais próximo dividida pela metade da zona abrangida pelo processo.” (BreyfogleIII, 2003)

### 2.2.9 Índices de Capacidade do Processo - $C_p$ e $C_{pk}$

“O índice de capacidade de processo  $C_p$  oferece o alargamento da tolerância permitido a partir do alargamento actual dos dados quando estes seguem uma distribuição normal. Pode-se afirmar então que,

$$C_p = \frac{LSC - LIC}{6 \times \sigma}$$

Onde LCL e LIC são o limite superior de especificação e o limite inferior de especificação respectivamente, e  $6 \times \sigma$  representa o intervalo ou alargamento do processo. A não quantificação para dados centrados é definida dentro da relação de  $C_p$ .  $C_p$  define apenas o alargamento do processo,  $C_{pk}$  considera o alargamento e o desvio da média do processo. Matematicamente o  $C_{pk}$  pode ser representado como o mínimo valor de duas quantidades

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{LSC - \mu}{3 \times \sigma}; \frac{\mu - LSL}{3 \times \sigma} \right]$$

A relação entre  $C_p$  e  $C_{pk}$  é

$$C_{pk} = C_p \times (1 - k)$$

O factor  $k$  quantifica o quanto o processo está descentrado e é igual a

$$k = \left| \frac{m - \mu}{(LSC - LIC)/2} \right|$$

Onde  $m = [(LCS + LCI) / 2]$  é o ponto médio do intervalo de especificação e está compreendido entre 0 e 1. Programas de computador podem oferecer opções apropriadas a partir das metodologias acima descritas.

O mínimo aceitável para os índices de capacidade de processo recomendado (Juran 1976) é 1.33 ( $4 \times \sigma$ ), no entanto, a Motorola, no seu programa Seis Sigma, propõem esforços para obter um valor mínimo para o processo de 2.0 e 1.5, para  $C_p$  e  $C_{pk}$ , respectivamente.” (BreyfogleIII, 2003)

A Bosch tem especificado nas suas normas internas o valor de 1.66 para os índices  $C_m$  e  $C_{mk}$  e também para  $C_p$  e  $C_{pk}$ . (Bosch, Booklet 9 - Machine & Process Capability of Machining Facilities, 2004)

### 2.3 Histograma

“Pode-se definir histograma como a variação num gráfico de barras na qual os valores dos dados são agrupados juntos e colocados em diferentes classes. O histograma estima a distribuição de uma característica na população através de amostras e representa visualmente (graficamente) grupos de dados.

Existem duas características importantes que o histograma pode apresentar. Essas características são as barras altas que representam muitos valores de dados na respectiva classe e as barras pequenas que representam poucos valores de dados na respectiva classe.

O histograma tem as vantagens de mostrar uma grande quantidade de dados num simples gráfico, conseguir indicar a frequência relativa da ocorrência, facilidade de visualização da distribuição dos dados, verificar se existe variação nos dados, realizar avaliações futuras baseadas nos dados, trabalhar com amostras poupando assim tempo e dinheiro, visualizar e entender rapidamente o comportamento da população e entender a população de um modo objectivo.

Apresenta-se agora algumas formas que os histogramas podem apresentar e o seu possível significado:

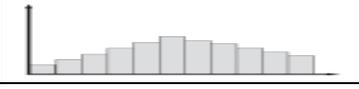
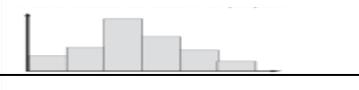
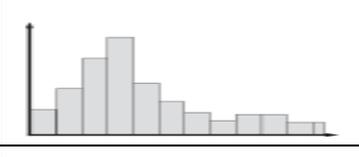
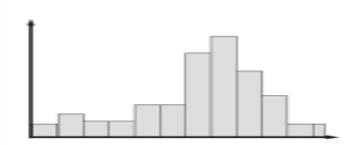
Massa de dados de grande variabilidade.	
Massa de dados de pequena variabilidade.	
Massa de dados de inclinação positiva, isto é, existe maior concentração de dados nos valores menores.	
Massa de dados de inclinação negativa, isto é, existe maior concentração de dados nos valores maiores.	

Tabela 1 - Formas Possíveis para Histogramas

Se existir limites de especificação, que é o caso, é necessário traçar as linhas de limites de especificação. De seguida apresenta-se cinco casos típicos para a avaliação da população”:

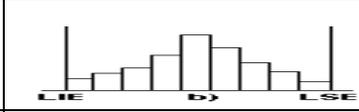
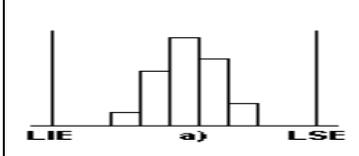
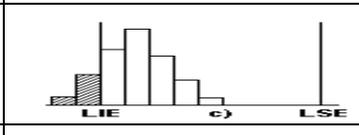
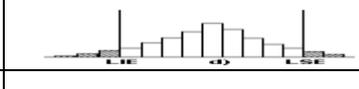
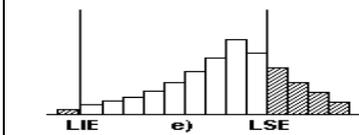
Tudo o que se precisa é manter a actual situação.	
A especificação é satisfeita, mas não há margem extra, portanto é melhor reduzir um pouco a variação.	
É necessário tomar medidas para colocar a média mais próxima do meio da especificação.	
São necessárias acções para reduzir a variação.	
São necessárias medidas para colocar a média mais próxima do meio da especificação e acções para reduzir a variação.	

Tabela 2 - Avaliações da População Segundo as Formas dos Histogramas

São escassas as aplicações de Histogramas na BCMP. Isto acontece não por falta de condições ou de conhecimento, mas porque são preteridos em relação aos gráficos de barras e de linhas que são construídos de acordo com uma metodologia diferente dos Histogramas. Os gráficos de barras e de linhas são utilizados abundantemente em todas as linhas ao longo da empresa, contendo várias informações (actualizadas diariamente) como por exemplo, a quantidade de defeitos que cada máquina produziu ou o número de intervenções feitas pela manutenção correctiva.

Ao longo do trabalho individual de projecto, todas as conclusões que se efectuaram aos resultados obtidos foram realizadas com a utilização do histograma que serviu como base de apoio às Cartas de Controlo, conseguindo assim análises mais rápidas e mais sustentadas.

Para mais detalhes acerca da utilização e construção de Histogramas recorrer a (Semanas, 2008).

## 2.4 Diagrama Causa e Efeito

“Também conhecido por Diagrama de Peixe (devido ao seu formato) e Diagrama de Ishikawa (Kaoru Ishikawa criador da ferramenta), foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possíveis “causas” que podem estar contribuindo para este efeito. O efeito é colocado no lado direito do gráfico e as causas são agrupadas segundo categorias lógicas e listadas à esquerda. Para cada efeito existem seguramente inúmeras categorias de causas que funcionam apenas sugestões. As principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os “6 M” – Método, Mão-de-obra, Material, Meio Ambiente, Medida e Máquina. Este diagrama é utilizado para visualizar em conjunto com uma equipa, as causas principais e secundárias de um problema. Ampliar a visão das possíveis causas de um problema, enriquecendo a sua análise e a identificação de soluções. É também um objectivo traçado a análise de processos na procura de melhorias.”

O Diagrama de Ishikawa é bastante e bem utilizado na BCMP. Quando uma máquina não está a executar o processo da maneira pretendida, mas essa falha da máquina não prejudica a qualidade do produto, está agendado um dia por semana para os colaboradores necessários se reunirem na própria produção e debaterem o que poderá estar a causar a falha da máquina apoiando-se no Diagrama de Peixe. No final da sessão de *brainstorming* fica sempre definida uma acção a tomar para colmatar a falha existente na máquina. Se a falha existente for nefasta para a qualidade do produto utiliza-se as reuniões CIP (Continuous Improvement Process), que ocorrem duas vezes por dia, para realizar as sessões de *brainstorming* utilizando o Diagrama de Ishikawa. As condições para a utilização desta ferramenta são excelentes mas penso que estas sessões de *brainstorming* que têm com base a utilização do Diagrama de Peixe deviam ser realizadas perto das máquinas que contêm as falhas, estando assim a presenciar o funcionamento da máquina ao longo da realização do processo, sendo mais fácil encontrar as causas possíveis para o determinado efeito (falha).

No meu trabalho individual de projecto utilizei esta ferramenta nas máquinas de fresagem e nas máquinas de soldadura selectiva a nível do controlo do fluxo. Provou-se que a potencialidade desta ferramenta é enorme pois todas as causas encontradas após a sua utilização e posteriormente eliminadas traduziu melhorias incrementadas nos processos realizados pelas diferentes máquinas como poderemos ler no capítulo quatro de análise de resultados.

Em jeito de conclusão podemos afirmar que a utilização desta ferramenta é bastante útil para a descoberta de dois tipos de causas. As causas principais que estão directamente relacionadas com o problema e as causas secundárias que estão directamente relacionadas com a causa principal, mas indirectamente relacionada com o problema.

Para mais detalhes da utilização e construção do Diagrama de Ishikawa consultar (Semanas, 2008).

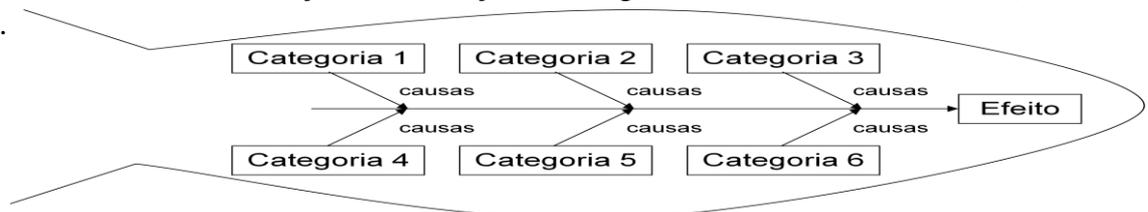


Figura 6 - Diagrama de Causa Efeito ou Diagrama de Ishikawa

### 3. A Evolução da Utilização das Cartas de Controlo na BCMP – TEF 8

A avaliação da capacidade das máquinas em TEF 8 estava subaproveitada. Algumas máquinas já tinham sido sujeitas a algumas medições e análises dos seus índices de capacidade em determinadas variáveis através de Cartas de Controlo. No entanto, a grande maioria desses testes tinham sido em vão, pois as máquinas continuavam a não estar controladas. Os maus resultados obtidos tiveram um impacto de frustração na secção TEF 8 fazendo com que essas medições e análises de capacidade das máquinas estagnassem no tempo. Estiveram assim paradas durante dois anos. A responsabilidade da avaliação de capacidade de outras máquinas estava a ser passada da secção TEF 1 para a secção TEF 8. Esta continha no seu histórico, cartas de controlo referentes às máquinas:

- 1) Fresa - avaliação da deslocação do PCB em relação aos eixos x e y.
- 2) Laser - avaliação dos desvios existentes no feixe de laser em relação aos eixos x e y.
- 3) Prensa - controlo do ângulo que os componentes eléctricos tinham depois de prensados.
- 4) Soldadura selectiva, soldadura por onda e soldadura por estampagem - análise da temperatura de solda.
- 5) Máquina de cola - estudo da quantidade de cola utilizada
- 6) Prensa de botões - controlo da força aplicada.

Apesar de existir este histórico, a secção TEF 8 apenas retirava as medidas das temperaturas das máquinas de soldadura selectiva e da soldadura por onda relegando para a secção TEF 1 a construção e análise da Carta de Controlo. As restantes máquinas tinham sido controladas anteriormente, mas não sofriam qualquer evolução há sensivelmente dois anos, ou seja, estavam desactualizadas. O único controlo feito pela secção TEF 8, desde há dois anos até à presente data, está relacionado com as máquinas aparafusadoras. É feito diariamente e através de *software* dedicado, calculando em tempo real se a máquina é ou não capaz de executar o processo dentro das tolerâncias/especificações pretendidas. Se for capaz é reposta na produção, se não for capaz de executar o processo dentro das especificações pretendidas a máquina é vista e reparada pelos técnicos de manutenção e seguidamente exposta a um novo teste de capacidade.

Após a implementação do meu trabalho individual de projecto existe em TEF 8 um controlo das seguintes máquinas:

- 1) Fresa - controlo da deslocação do PCB em relação aos eixos x e y.
- 2) Laser - controlo dos desvios existentes no feixe de laser em relação aos eixos x e y.
- 3) Soldadura selectiva, soldadura por onda - controlo da temperatura de solda, de desvios em relação aos eixos x, y e z e à quantidade de solda utilizada no processo de soldadura, de desvios em relação a x, y e à quantidade de reagente utilizado em relação ao processo de humedecimento da placa de circuito impresso com o reagente. Estudo da periodicidade de substituição de uma peça que desempenha um papel importante no processo de soldadura.

Existiram mudanças ao nível das Cartas de Controlo, pois as utilizadas não eram as mais adequadas, como por exemplo, na análise da capacidade das máquinas de soldadura em relação à temperatura e nas fresas em relação à variação de deslocamento nos eixos x e y. Estas mudanças serão explicadas em pormenor no capítulo seguinte do relatório.

Após a implementação das novas Cartas de Controlo e dos novos métodos de medição na BCMP espera-se conseguir um aumento do desempenho das máquinas em estudo, reduzindo assim o número de defeitos e conseqüentemente a qualidade presente nos auto-rádios.

Espera-se também, estando implicitamente relacionado com o parágrafo anterior, trazer, se possível, benefício a nível monetário para a empresa.

A implementação de métodos estandardizados perceptíveis para medição dos valores nas diferentes variáveis (posteriormente introduzidos nas cartas) será fundamental para futuramente os técnicos de manutenção conseguirem um bom controlo da máquina através da análise das Cartas de Controlo.

O número de cartas de controlo aumentou consideravelmente, passando das dezenas para a ordem das centenas.

Não estando disponível nenhum *software* específico para o controlo estatístico de processos, optei por utilizar, o *Microsoft Office Excel* para construção de cartas de controlo, histogramas e cálculo de cálculo de  $C_m$  e  $C_{mk}$ . No entanto, sugeri a aquisição do *software* de controlo estatístico de processos, *Minitab*, tendo sido aceite pela empresa estando neste momento à espera da licença para se proceder à instalação.

## 4. Procedimento para Controlo da Capacidade das Máquinas

### 4.1 Descrição das Fases do Trabalho Individual de Projecto

A organização do trabalho individual de projecto segue em concordância com quatro fases distintas.

A primeira fase é a chamada *Fase de Definição* ou *Definir*, onde através da ferramenta Matriz de Causa Efeito, definem-se as variáveis mais importantes que necessitam de ser controladas, para cada tipo de máquina, tendo em atenção o seu impacto na qualidade do produto.

A segunda fase intitula-se por *Fase de Medição* ou *Medir*. Esta fase compreende duas etapas diferentes: na primeira pretende-se saber como medir as variáveis escolhidas anteriormente. Obrigatoriamente será necessário prestar muita atenção no desenvolvimento deste passo, sendo este muito sensível pois tem de compreender processos normalizados para que futuramente as medições efectuadas sejam realizadas de igual forma, eliminando logo à partida erros grosseiros de medição, conseguindo-se assim resultados mais fiáveis. Essas medições são comparadas com as já existentes proporcionando uma análise da evolução da respectiva máquina ao longo do tempo. Para isto, se necessário, procede-se ao projecto e posterior desenvolvimento de estruturas específicas para o processo de medição em causa. O segundo passo destina-se a executar a medição, propriamente dita, conseguindo-se valores.

A terceira fase designada por *Fase de Análise* ou *Análise*, é uma fase onde após a recolha dos valores obtidos e introduzidos numa Carta de Controlo se utilizam os conhecimentos teóricos para retirar conclusões. Falando a um nível muito geral consegue-se nesta fase dois resultados possíveis, a máquina é ou não capaz de executar o processo dentro das especificações pretendidas. Se o resultado for negativo, ou seja, se a máquina não apresentar capacidade para executar o processo dentro das especificações, através da análise das conclusões retiradas das cartas de controlo e da realização de vários testes nas máquinas, tenta-se perceber o porquê dos maus resultados. Após as análises feitas e possíveis correcções mecânicas da máquina recorre-se novamente à fase anterior. Se, ao invés disso, o resultado for positivo passa-se para a quarta fase.

A última e quarta fase denominada por *Fase de Controlo* ou *Controlo*, existe quando se consegue obter o mínimo de capacidade ou performance, para execução do processo dentro das especificações pretendidas, numa determinada máquina. Aqui surge o objectivo da continuação do controlo obtido, durante o máximo de tempo possível. É nesta fase que se propõem as possíveis condições e períodos para a realização dos testes de capacidade nas máquinas estudadas. Se ao longo de um determinado tempo não ocorrer nenhuma causa especial, isto é, se não existirem situações de “fora de controlo” no processo pode-se pensar inclusive, em estreitar os limites de especificação, o que corresponde a uma melhoria do controlo da capacidade da máquina.

### 4.2 Breve Descrição dos Processos Desenvolvidos pela Máquinas

Para uma melhor percepção do trabalho individual de projecto é essencial compreender o funcionamento das máquinas no desenvolvimento dos processos de fresagem, soldadura selectiva e laser. Seguidamente é apresentada uma breve explicação dos processos.

### Fresa

A fresa presente na produção de auto-rádios tem como objectivo cortar a placa de circuito impresso (PCB – *Printed Circuit Board*), de forma a reduzir as suas dimensões. Este processo é necessário pois o transporte das placas de circuito impresso ao longo das linhas é variável. As placas são transportadas em correias rolantes até à fresa e após a execução do processo de fresagem são transportadas manualmente entre os vários postos de trabalho. O processo de fresagem inicia-se na entrada da placa de circuito impresso no interior da fresa através das correias rolantes (a)). O PCB é parado através de batente (b)) que é accionado por um sensor de presença e após a descida deste são accionados os chamados pinos guia (c)) que têm a função de posicionar o PCB num local pré-definido. Seguidamente descem duas barreiras laterais (d)) que estão posicionados em ambos os lados do PCB. Estas barreiras vão servir para comprimir o PCB para que este não se desloque durante a fresagem. Depois das barreiras laterais estarem accionadas o batente volta para a sua posição inicial.

Estão reunidas todas as condições para a partir daqui se iniciar o processo de fresagem. A fresa avança para efectuar os cortes no PCB com um determinado número de rotações por minuto, uma determinada velocidade de corte e velocidade de avanço. Após realizados os cortes no PCB, as barreiras laterais e os pinos guia (por esta ordem) voltam à sua posição inicial. (e))

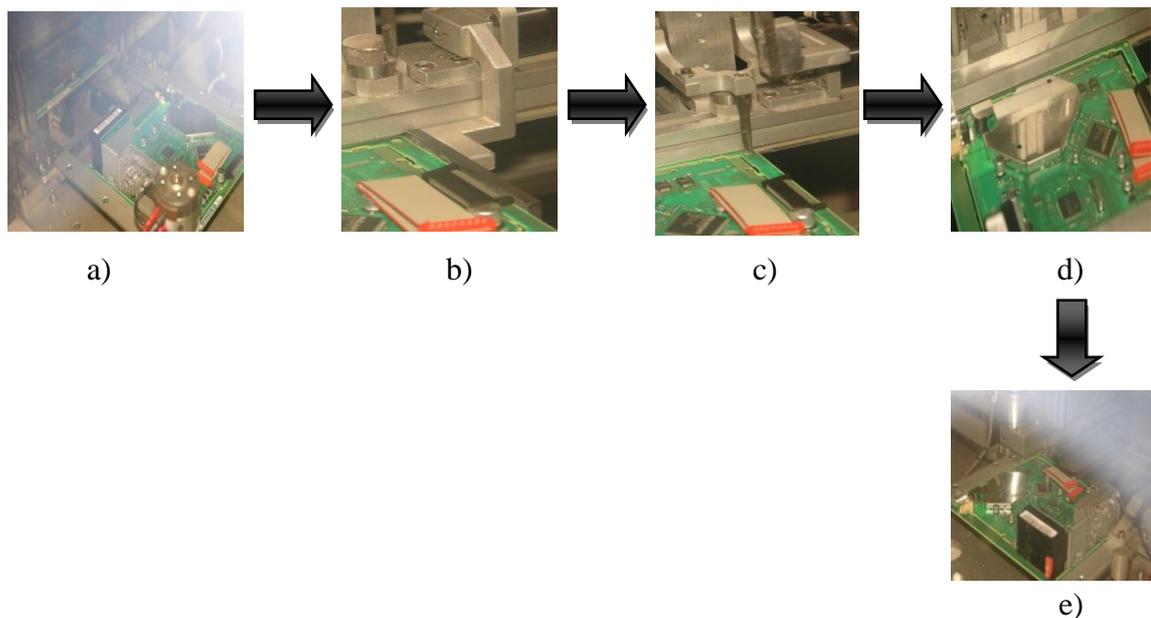


Figura 7 - Etapas Pertencentes ao Processo de Fresagem de um PCB

### Laser

A máquina de laser desenha as figuras ou letras presentes nos botões do auto-rádio, como por exemplo, AM, FM, VOL., MUTE. O processo de execução é bastante simples. O PCB já com o painel frontal acoplado é colocado numa base (a)). O rádio é enviado para o interior da máquina, onde uns metros acima, existe uma estrutura que em ambas as extremidades lança dois feixes laser (b)) que evaporam a tinta dos painéis frontais. Essa estrutura consegue-se deslocar verticalmente através de um fuso (subida e descida da estrutura) e está directamente

relacionada com a potência escolhida para o feixe laser. Os dois feixes laser lançados têm movimentos transversais e longitudinais.

Após o desenho das figuras e/ou letras o auto-rádio volta novamente para o exterior da máquina pelo mesmo lado que entrou.

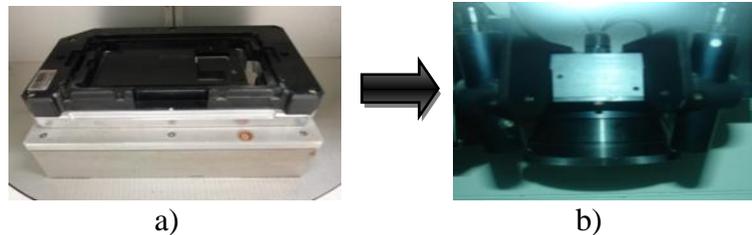


Figura 8 - Base e Estrutura que Contém o Laser

### Soldadura por Onda

O processo de soldadura por onda inicia-se com o humedecimento por um reagente na zona do PCB que irá ser posteriormente soldada (a). Ao longo de todo este processo o PCB é transportado por correias rolantes. Seguido ao humedecimento, o PCB atravessa uma zona de aquecimento (b) para conseguir a activação do reagente. O reagente utilizado em processos sem chumbo é o Cobar 94 QMB e em processos com chumbo o Cobar 390 RX. Seguidamente o PCB passa sob uma espécie de “mar de solda” (c) onde os componentes eléctricos são soldados pois, toda a sua face inferior atravessa o “mar de solda”. O processo conclui-se com a saída do PCB do interior da máquina (d).

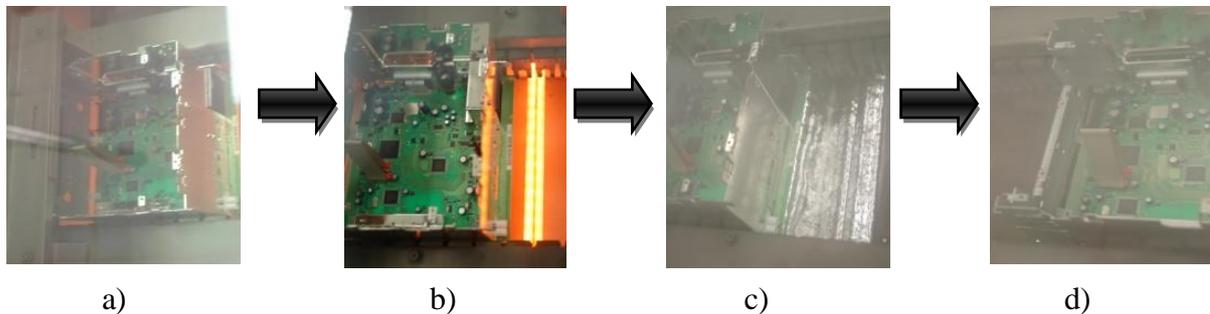


Figura 9 - Etapas Pertencentes ao Processo de Soldadura por Onda de um PCB

### Soldadura Selectiva

#### SOLTEC 6745

Vários PCB's (no máximo três) são colocados numa palete e enviados para o interior da máquina de soldadura selectiva através de umas correias rolantes que estão à entrada da máquina (a). A palete é parada por um batente que é accionado por um sensor de presença. A partir do momento que a palete está parada o PCB é humedecido por um reagente nos locais pretendidos através de uma peça específica (b) que funciona de forma parecida a um pulverizador. É necessário o PCB ser humedecido por este reagente para que o posterior processo de soldadura seja executado com maior eficácia, correndo-se assim menores riscos de não aderência da solda. Após este passo uma garra pega na palete (c) e desloca-a até um aquecimento que é feito por resistências (d), sendo este passo muito semelhante à soldadura

por onda. Após o aquecimento a garra envia a paleta até ao local onde será efectuada a soldadura (e)). A solda é expelida por uma peça de metal em forma de vulcão que tem o nome de *nozzle*<sup>1</sup>. O aspecto do *nozzle* permite que a soldadura seja efectuada apenas em locais do PCB pretendidos. Depois de soldados os locais pretendidos, a garra leva a paleta até às correias rolantes de saída transportando-a para o exterior da máquina completando o processo de soldadura selectiva (f)).

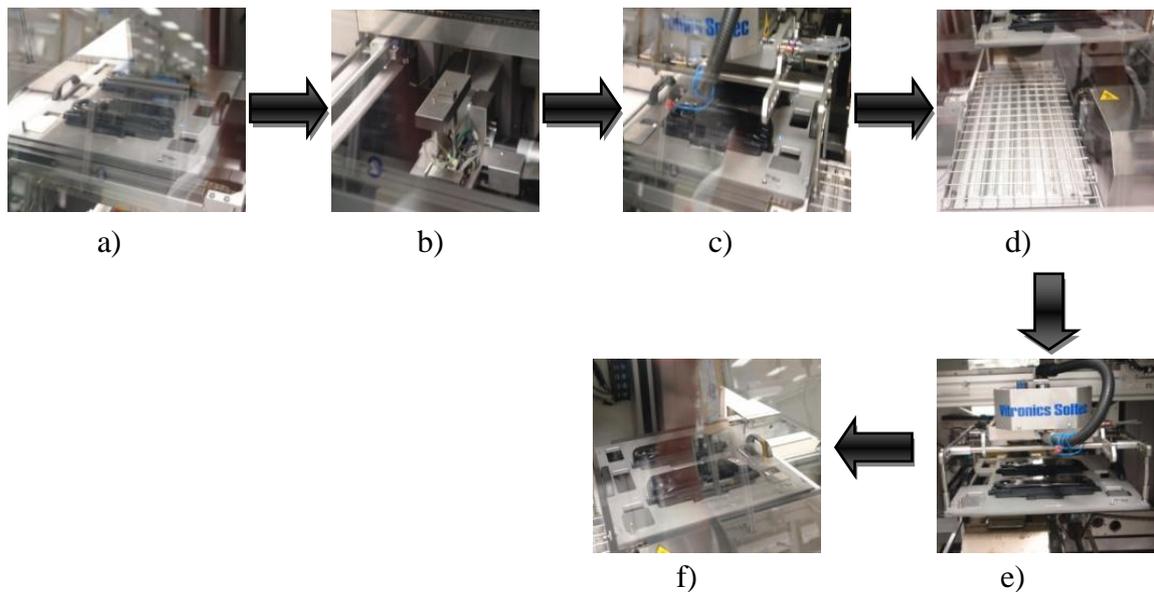


Figura 10 - Etapas Pertencentes ao Processo de Soldadura Selectiva de um PCB

### Pillarhouse

No modelo Pillarhouse, as máquinas que realizam o processo de soldadura selectiva é necessário também colocar os PCB's numa paleta. Contudo, esta paleta é colocada na superfície da máquina. Após a colocação da paleta, uma estrutura situada no interior da máquina, que tem em si mesma incorporada a peça de pulverização do reagente e a peça por onde é expelida a solda (ambas as peças são iguais ao modelo SOLTEC 6745), desloca-se transversalmente e longitudinalmente para humedecer e soldar o PCB nos locais pretendidos. Após concluído o processo, a paleta é retirada da superfície da máquina.



Figura 12 - Local de Colocação da Paleta



Figura 11 - Peça de Pulverização e Nozzle

<sup>1</sup> *Nozzle* – Componente metálico em forma de vulcão, por onde a solda é expelida. É na parte superior deste componente que a soldadura é efectuada. Este componente tem uma velocidade angular constante ao longo do tempo.

#### 4.3.1 Fase 1: Definir

Da utilização da Matriz de Causa Efeito para cada tipo de máquina onde se introduziram todas as variáveis que poderiam ter impacto na qualidade do produto, com a ajuda do conhecimento de um engenheiro de processos obteve-se como resultado as seguintes variáveis consideradas as mais importantes a ser controladas.

##### Fresa

- Variação do deslocamento da fresa ao longo do eixo transversal da máquina -  $\Delta x$ . (Ver Anexo B Tabela 6)
- Variação do deslocamento da fresa ao longo do eixo longitudinal da máquina -  $\Delta y$ . (Ver Anexo B Tabela 6)

##### Laser

- Variação do deslocamento da estrutura que suporta o laser ao longo do eixo transversal da máquina -  $\Delta x$ . (Ver Anexo B Tabela 7 - Matriz de Causa Efeito do Laser)
- Variação do deslocamento da estrutura que suporta o laser ao longo do eixo longitudinal da máquina -  $\Delta y$ . (Ver Anexo B Tabela 7 Tabela 1)

##### Soldadura por Onda

- Temperatura da solda. (Ver Anexo B Tabela 8)

##### Soldadura Selectiva

- Temperatura da solda. (Ver Anexo B Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11)
- Variação do deslocamento da garra que transporta a paleta ao longo do eixo transversal da máquina -  $\Delta x$ . (Ver Anexo B Tabela 9)
- Variação do deslocamento da garra que transporta a paleta ao longo do eixo longitudinal da máquina -  $\Delta y$ . (Ver Anexo B Tabela 9)
- Variação do deslocamento da garra que transporta a paleta ao longo do seu movimento vertical -  $\Delta z$ . (Ver Anexo B Tabela 9)
- Variação do deslocamento da estrutura por onde é pulverizado o reagente ao longo do eixo transversal da máquina -  $\Delta x$ . (Ver Anexo B Tabela 9, Tabela 11)
- Variação do deslocamento da estrutura por onde é pulverizado o reagente ao longo do eixo longitudinal da máquina -  $\Delta y$ . (Ver Anexo B Tabela 9, Tabela 11)
- Quantidade de reagente pulverizado pela estrutura no PCB. (Ver Anexo B (Tabela 9, Tabela 11)
- Periodicidade de substituição do nozzle – SOLTEC 6745.

#### 4.3.2 Fase 2: Medir

##### Fresa

Para medição dos desvios da fresa ao longo dos eixos  $x$  e  $y$  utilizou-se o método já testado em anos anteriores. O processo de medição é realizado utilizando uma placa de fibra de vidro (o mesmo tipo de material das placas de circuito impresso) (Ver Anexo C Ilustração 1) com 185 mm de lado. Essa placa contém 100 furos, agrupados dois a dois e a distância entre os seus centros é de 4 mm. Estando os furos dispostos segundo dez linhas, a posição de um furo em relação ao outro vai alternando entre vertical e horizontal. Num dos vértices da placa é feito um furo considerado como o ponto de referência ou ponto (0,0). Mede-se a distância entre o furo de referência e uma linha imaginária que passa entre os centros dos dois furos ao longo das dez linhas. Esses valores são os valores ideais para o processo de fresagem.

Na execução do teste de capacidade da máquina, a fresa terá de cortar os referidos 4 mm unindo assim os pontos, conseguindo 25 valores medidos para o eixo  $x$  e 25 valores para o eixo  $y$  (Ver Anexo C Ilustração 2). É realizado este teste a cinco placas de fibra de vidro introduzidas na máquina consecutivamente. Após a realização do teste, as placas são enviadas para o laboratório de medição da BCMP (Ver Anexo C Figura 17). Estas são realizadas com um microscópio tridimensional, tendo uma precisão e um nível de fiabilidade elevado, sendo a sua resolução máxima a milésima de milímetro. Com a diferença entre os valores padrão e os valores medidos nos testes de capacidade da máquina consegue-se calcular a variação existente segundo o eixo  $x$  e segundo o eixo  $y$ .

##### Laser

O processo de medição dos testes de capacidade para a máquina laser é muito semelhante ao das fresas. É utilizado o mesmo tipo de placas, ou seja, placas de fibra de vidro com um furo num dos seus vértices servindo de ponto de referência. No entanto, para a realização dos testes de capacidade é necessário que as placas (que têm uma cor amarelada) sejam completamente cobertas com um spray preto. É necessário que as placas fiquem desta cor pois assim o desenho feito pelo laser é muito mais perceptível e definido.

Estas placas são colocadas numa base para PCB's e enviado para o interior da máquina onde o laser desenha vinte e cinco quadrados com 10 mm de lado e dois círculos, um com 10 mm e outro com 13,6 mm de diâmetro (Ver Anexo C Ilustração 4, Figura 20 - Placa de Teste após Desenho na Laser). Os valores são retirados das medições feitas desde o ponto de referência até ao vértice superior esquerdo e inferior direito de cada quadrado. Após a realização do teste, as placas são também enviadas para o laboratório de medição da BCMP. Esses valores são comparados com valores padrão feitos no *software SolidWorks Office 2007* (Ver Anexo C Ilustração 3), necessários para a realização do programa de medição. As medições são realizadas com um microscópio tridimensional. Com a diferença entre os valores padrão e os valores medidos nos testes de capacidade da máquina consegue-se calcular a variação existente segundo o eixo  $x$  e segundo o eixo  $y$ . Existem valores padrão para as cinco máquinas laser.

### Soldadura por Onda

As medições feitas à temperatura de solda são realizadas através de um termopar tipo k devidamente calibrado (Ver Anexo C Figura 24), que está ligado a um multímetro digital que fornece o valor da temperatura em graus Centígrados ou em graus Kelvin. A sua resolução máxima é a décima de milímetro. É retirado um valor por dia em cada máquina. O local de medição está devidamente definido (Ver Anexo C Figura 23) em todas as máquinas, tendo o termopar que atravessar um furo, feito na superfície desta, até chegar com a extremidade ao “mar de solda”. Aguarda-se dois a três segundos e regista-se o valor medido no multímetro.

### Soldadura Selectiva

Nesta máquina existem várias variáveis a medir em diferentes estruturas integrantes.

A primeira variável mensurada é a temperatura de solda. Esta medição é executada de forma semelhante à soldadura por onda, ou seja, é realizada através de um termopar tipo k devidamente calibrado, que está ligado a multímetro digital (Ver Anexo C Figura 21) que fornece o valor da temperatura. São retirados dois valores por dia, um no 1º turno (das 6:00 H às 14:30 H) e outro no 2º turno (das 14:30 às 23:00). A grande dificuldade desta medição é o local e a profundidade correcta onde deve ser medido. Após realizado um estudo, apresentado na fase de análise, com o intuito do conhecimento das condições ideais de medição de temperatura foi realizado na máquina uma marca (furo) perto do tanque de solda alinhada com o centro do *nozzle* para definição do local (Ver Anexo C Figura 26) Figura 26 - Definição do Local para Medição da Temperatura de Solda (SOLTEC 6745) e outra marca (rasgo) no termopar a 10 mm a partir da extremidade, para definição da profundidade (Ver Anexo C Figura 25).

Outras das variáveis a medir são as variações dos deslocamentos ao longo dos dois eixos existentes na estrutura pulverizadora de reagente e de três eixos na estrutura onde se executa a soldadura. O método de medição desta variável foi criado de raiz e pensado de forma inovadora. A ideia passa por projectar uma paleta normalizada que seja de fácil utilização e que o resultado obtido após o teste de capacidade seja o mais perceptível possível. Projectou-se uma paleta com as mesmas medidas das paletes usadas em produção. No seu interior efectuou-se três cavidades onde posteriormente, se colocou uma folha de papel térmico. Este papel tem propriedades químicas que permitem a visualização do contorno do reagente quando pulverizado (o contorno terá o formato aproximado de um círculo) (Ver Anexo C Figura 32). Através do papel consegue-se, logo à partida, efectuar a medição da quantidade utilizada.

No entanto, dadas as dimensões das cavidades (100x130 mm) poderá existir o problema do papel térmico sofrer encurvadura. Para solucionar este problema colocou-se uma grelha no interior das três cavidades (Ver Anexo C Ilustração 5, Figura 27). Assim surgiu a questão de como marcar os pontos de referência no papel térmico, ou seja, os pontos onde o contorno do reagente terá de ter o seu centro, criaram-se três tampas para serem colocadas nas cavidades. Essas tampas continham uns pinos salientes que quando colocadas sobre o papel térmico marcavam assim os pontos de referência (Ver Anexo C Figura 28). A ideia foi aprovada e construiu-se a paleta na serralharia pertencente à empresa. Após os primeiros testes verificou-se que as tampas não estavam a funcionar como o esperado, incrementando erros nas medições. Estes erros aconteciam devido aos pinos serem demasiado salientes “empurrando”

o papel térmico, mal este era pulverizado, que fazia com que o reagente se espalhasse de forma assimétrica.

O projecto necessitava de melhorias. Pelo que decidi retirar os pinos e substituí-los por furos com diâmetro de 1,5 mm (Ver Anexo C Figura 29). Após o teste de capacidade da máquina ter sido concluído furou-se o papel térmico com um alfinete através dos furos. Testou-se novamente a paleta confirmando-se o sucesso da solução projectada. Com este processo de medição, sabendo os pontos de referência feitos pelo alfinete e os pontos do centro do contorno após o teste, consegue-se saber a variação de deslocamentos em relação aos eixos  $x$  e  $y$ . As medições são efectuadas pelo laboratório pertencente à BCMP com o microscópio tridimensional.

Em relação à variação de deslocamentos em  $x$ ,  $y$ ,  $z$  no processo de soldadura o método de medição é semelhante, mas não se utiliza o papel térmico nem as tampas, sendo estes utilizados apenas no estudo de capacidade da máquina de soldadura relativamente às variações de deslocamento nos eixos  $x$  e  $y$  da estrutura pulverizadora de reagente. Inicialmente, foi considerado um método de medição diferente que consistia na utilização de três sensores de deslocamento integrados em braços (Ver Anexo C Figura 35). Estes seriam colocados estrategicamente no interior da máquina e enviava-se repetitivamente a garra um certo número de vezes (no mínimo 50), a partir de um determinado ponto A até um ponto B. Quando a garra chegasse ao ponto B accionava os sensores de deslocamento sendo os valores medidos nos comparadores registados através de um *software* específico, MCOSMOS da *Mitutoyo*, e automaticamente enviados para um computador. No entanto este método de medição apresentava várias falhas para posterior análise da capacidade da máquina, além de apenas avaliar a repetibilidade e não avaliar a variabilidade do processo. A razão de não se conseguir avaliar a variabilidade deve-se aos braços que seguravam os sensores de deslocamento sofriam muitos desvios e empenos quando a garra chegava ao ponto B. Após uma sessão de *brainstorming* na empresa foram sugeridos outros métodos mais sustentados, tendo sido escolhido o baseado na utilização de placas de cobre com a mesma dimensão das cavidades da paleta construída, para o processo de medição da variação de deslocamento da estrutura que pulveriza o reagente. Estas placas de cobre contêm quatro furos em redor dos pontos de referência para se conseguir saber os pontos de referência (Ver Anexo C Ilustração 6, Ilustração 7). Após a execução do teste de capacidade da máquina, a placa soldada terá vários pontos soldados, tendo como forma metade de uma esfera. Assim, consegue-se saber a zona circular abrangente pela solda e conseqüentemente conhece-se o seu centro e ainda a altura da metade da esfera. Com o processo supracitado tem-se a variação de deslocamentos em relação aos três eixos pretendidos  $x$ ,  $y$  e  $z$ . Neste caso, as medições são também efectuadas com o microscópio tridimensional.

Ambos os métodos enunciados são utilizados nas máquinas de soldadura selectiva dos modelos SOLTEC 6745 e Pillarhouse, tendo assim uma mais-valia reflectida na sua flexibilidade.

No estudo da periodicidade de substituição da *nozzle* nas máquinas SOLTEC 6745 utilizou-se um sensor de deslocamento digital devidamente calibrado e integrado numa estrutura que serve de apoio para as medições serem efectuadas (Ver Anexo C Figura 34). Mede-se a altura do *nozzle* (Ver Anexo C Figura 36) em quatro pontos ao longo do seu diâmetro uma a duas vezes por semana. A resolução máxima do sensor de deslocamento é a décima de milímetro.

### 4.3.3 Fase 3: Análise

#### Fresa

Após receber os resultados das medições efectuadas procede-se à sua colocação na Carta de Controlo. A fase prévia será então a escolha da Carta de Controlo adequada para o processo de medição utilizado. Dado que o processo já tinha sido estudado anteriormente a carta que estava a ser utilizada era do tipo  $\bar{x}$  s. Estão a ser utilizadas, duas cartas de controlo para o estudo da capacidade da máquina, uma para a variação do deslocamento em  $x$  e outra para a variação do deslocamento em  $y$ . Apesar do tipo de cartas de controlo ser correcto, depois de uma análise mais profunda constatou-se que estavam a ser utilizadas erradamente pois estava-se a calcular a média e o desvio padrão através das medidas ao longo das linhas cortadas, o que nos leva a erros de “*sample to sample*”, ou seja, amostra para amostra. Isto acontece pois o desvio padrão das cinco medições de cada linha são extremamente pequenos, o que resultava num intervalo entre as linhas de controlo muito pequeno, correndo-se o risco de ter pontos fora de controlo apesar da máquina ainda ter capacidade para executar o processo. Para resolver este problema bastou calcular a média e o desvio padrão através das medidas ao longo das colunas, aumentando assim o intervalo entre os limites de controlo calculados. A tolerância utilizada para o processo de fresagem é de 0,4 mm, tendo como limite superior de especificação 0,2 mm e limite inferior de especificação -0,2 mm e valor nominal 0 mm.

Após a execução dos testes de capacidade em todas as máquinas obtive resultados negativos em nove fresas em ambos os eixos,  $x$  e  $y$ . Em onze máquinas testadas apenas duas eram capazes de executar os processos dentro das especificações. É importante referir que as duas máquinas onde obtive capacidade maior ou igual a 1.66 ( $C_m = 8.99$  na direcção  $x$ ;  $C_m = 14.16$  na direcção  $y$  e  $C_m = 8.96$  na direcção  $x$ ;  $C_m = 13.60$  na direcção  $y$ ) apenas têm cinco anos de utilização enquanto as restantes acumulam mais de dez anos de vida. Na sequência destes resultados optou-se pelo foco apenas numa máquina e quando conseguíssemos normalizar correcções para converter uma máquina não capaz de executar o processo dentro das especificações pretendidas, para capaz de executar o processo dentro das especificações pretendidas, aplicaríamos esses procedimentos ao longo de toda a fábrica.

As figuras (Ver Anexo D Gráfico 5, Gráfico 8) mostram os resultados do primeiro teste efectuado através de cartas de controlo e de Histogramas. Da análise destes resultados conclui-se que existem causas especiais de variação. As variações nos pontos 25, 50, 75 e 100 explicam-se devido à mudança entre placas de teste. O gráfico das médias tem uma tendência descendente intersectando a recta do valor nominal, o que significa que no momento em que a placa está a ser cortada sofre uma torção, no caso do eixo  $x$  a placa de teste desloca-se no sentido horário. No entanto, a máquina executa o processo dentro das especificações exigidas pois nenhum dos pontos aparece fora das linhas limites de tolerância, nem das linhas limites de controlo. O resultado da capacidade da máquina foi de 0,86 sendo inferior ao exigido pela Bosch. A máquina necessita, portanto, de correcções. No caso do eixo  $y$  o gráfico das médias apresenta uma tendência ascendente, intersectando a recta de valor nominal deslocando-se no sentido anti-horário. O resultado deste eixo é mais preocupante porque não existem pontos fora dos limites de controlo, mas existem pontos fora dos limites de especificação, apresentando uma capacidade de 0,61. Conclui-se que a máquina necessita de manutenção correctiva com urgência.

Após efectuada a análise, de modo a apresentar as conclusões referidas anteriormente, e para encontrar explicações e possíveis causas para os desvios encontrados reuni com os técnicos de

manutenção construindo um Diagrama de Causa Efeito (Ver Anexo D Figura 37). Na reunião ficou decidido afinar os pinos de guiamento, a perpendicularidade do eixo  $x$  em relação ao eixo  $y$ , trocar a fresa concluindo que poderia estar gasta e corrigir um ligeiro *offset* atendendo ao valor da média.

Intercedeu-se na máquina e fez-se novo teste de capacidade. Os resultados apresentados (Ver Anexo D Gráfico 9, Gráfico 10) mostram que existiu uma melhoria ao nível do eixo  $y$  não existindo agora qualquer ponto fora dos limites de tolerância, aumentando a sua capacidade para 0,62. No eixo  $x$  os resultados foram exactamente iguais, pois a placa continua a sofrer torção. As intervenções feitas na máquina não foram suficientes daí ter sido realizado uma nova reunião e um novo Diagrama de Causa Efeito (Ver Anexo D Figura 38) onde se decidiu que para além de executar as correcções feitas anteriormente, deveria ser estreitado o transporte das placas, diminuindo assim as folgas existentes. Além disto, reduziu-se a velocidade de avanço ao corte de 20 mm/s (utilizado em produção), para 10 mm/s a 30000 rpm, o que veio a traduzir-se numa melhoria da capacidade da máquina.

Após estas correcções fez-se novo teste de capacidade da máquina e os resultados foram bastante satisfatórios. No eixo  $x$  conseguiu-se uma capacidade de 1.77, conseguindo-se parar a torção da placa neste eixo. No eixo  $y$  a Carta de Controlo apresenta pontos fora dos limites de controlo do gráfico das médias o que significa que o processo teve uma boa variabilidade mas uma má repetibilidade (Ver Anexo D Gráfico 11, Gráfico 12). No entanto, o processo tem agora potencial para alcançar a capacidade de 1.21, não suficiente ainda, mas perto do valor pretendido de 1.66, valor pretendido e imposto pela Bosch, como foi referido anteriormente no segundo capítulo.

Depois de obter estes resultados resolveu-se executar alguns testes com o intuito de encontrar ainda mais falhas no processo produtivo. Fresaram-se então duas placas de teste com a diferença que uma foi cortada com a máxima velocidade de avanço em corte, 500 mm/s, e a outra foi cortada com a mínima velocidade de avanço, 2,54 mm/s, ambas a 30000 rotações por minuto. O resultado foi surpreendente como as seguintes figuras o comprovam:

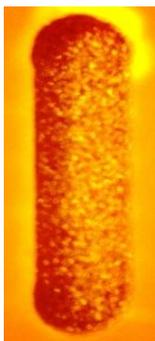


Figura 14 - Corte na Placa de Teste a 2,54 mm/s

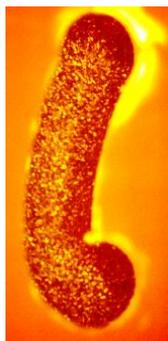


Figura 13 - Corte na Placa de Teste a 500 mm/s

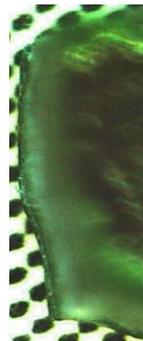


Figura 20 - Corte no PCB a 20 mm/s

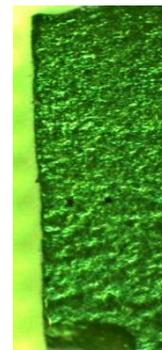


Figura 21 - Corte no PCB a 2,54 mm/s

Com estes resultados decidiu-se fresar um PCB à velocidade de 2.54 mm/s e comparar com um fresado em plena produção, à velocidade de 20 mm/s. Mediu-se ambos os tempos de ciclo dos dois resultados e obteve-se aproximadamente vinte e dois segundos para o primeiro e doze segundos para o segundo.

Como se pode ver a diferença é abismal e pode-se concluir que a fresa está a cortar de uma forma errada os PCB's.

Recorrendo a livros académicos (Apontamentos de PF II, 2001) encontrei as seguintes fórmulas para o cálculo da velocidade de corte e para a velocidade de avanço respectivamente:

$$V_c = \pi \times d \times n$$
$$V_c = \pi \times 1.6 \times 30000/60$$
$$V_c = 2513.3 \text{ mm/s}$$

$$a = a_z \times Z$$
$$a = 0.0033(3) \times 6$$
$$a = 0.02 \text{ mm}$$

$$V_a = a \times n$$
$$V_a = 0.02 \times 30000/60$$
$$V_a = 10 \text{ mm/s}$$

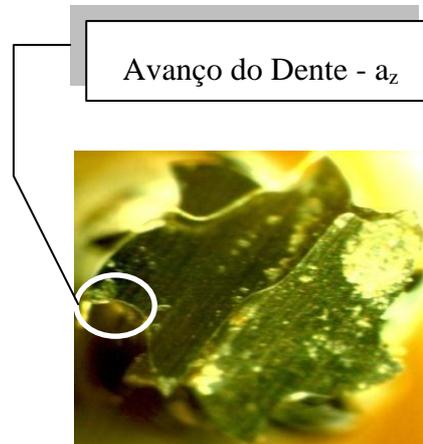


Figura 21 – Fresa Utilizada na Produção

Com,

$V_c$  – Velocidade de corte

$a_z$  – Avanço por dente

$Z$  – Número de dentes

$d$  – Diâmetro da fresa

$n$  – Número de rotações por minuto

$a$  – Avanço

O parâmetro rotações por minuto não deve ser alterado pois, estava especificado no manual de utilização da máquina enviado pelo fabricante. Ao analisar os valores encontrados viu-se de imediato que a velocidade de corte é incomportável, pois a fresa colocada à velocidade de aproximadamente  $2.5 \text{ m/s}$  partiria instantaneamente. Assim conclui que a fórmula que se pretendia era a velocidade de avanço ao corte.

A sugestão feita é no sentido da execução do processo de fresagem no máximo a  $10 \text{ mm/s}$ .

### Laser

Foram efectuados os testes de capacidade às cinco máquinas laser existentes na BCMP. No entanto não existiu tempo útil até ao fim do meu trabalho individual de projecto para receber os resultados. O resultado dessa máquina foi analisado através de uma Carta de Controlo do tipo  $\bar{x}$  s, devido às mesmas razões do teste efectuado na fresa. A análise dos resultados mostra causas especiais de variação (Ver Anexo D Gráfico 13, Gráfico 14).

Em relação ao eixo  $x$ , a primeira placa de teste apresenta um *offset* de aproximadamente  $0.3 \text{ mm}$ . A segunda placa de teste mostra todos os dez valores medidos numa sequência crescente. A terceira placa tem um *offset* positivo pequeno mas todos os dez valores das médias estão acima da média das médias. A quarta placa tem um *offset* de cerca de  $0,15 \text{ mm}$ .

No que diz respeito ao eixo  $y$  a primeira placa de teste tem *offset*  $y$  positivo bastante pequeno. A segunda placa de teste tem *offset* de aproximadamente  $-0.15 \text{ mm}$ . A terceira placa tem um *offset* positivo pequeno mas todos os dez valores das médias estão acima da média das

médias. A quarta placa apresenta um comportamento muito semelhante à terceira. O desvio padrão estimado a partir dos valores  $\bar{s}$  é muito baixo dado que a variabilidade dentro de cada placa é muito baixa. Todos os valores individuais medidos estão muito confortavelmente dentro de especificação. A razão das causas especiais de variação parece ser a instabilidade do sistema de eixos de referência (guiamento) da placa na máquina laser. Este aspecto é agravado pelo facto de a máquina de medição que forneceu os valores ter um sistema de eixos diferente (feito pelo furo guia). Como acção correctiva recomenda-se que nos próximos resultados seja revisto o sistema de guiamento da placa de teste e a concordância entre o sistema de eixos de referência da máquina com o sistema de eixos do sistema de medição. Embora o processo de guiamento necessite de melhoria, a precisão de impressão laser é muito grande. O erro de guiamento é também bastante pequeno face à especificação de  $\pm 0.3$  mm, sendo o valor nominal 0 mm e a tolerância de 0.6 mm. A máquina pode ser usada com segurança.

Construiu-se em conjunto com os técnicos de manutenção da secção o Diagrama de Causa Efeito (Ver Anexo D Figura 39) e planeou-se as correcções ao nível do eixo vertical pois tem grande importância na incidência do feixe de laser no painel frontal do auto-rádio, isto é, se a estrutura que integra o lançamento do feixe laser estiver demasiado afastada do painel frontal do auto-rádio existe mais probabilidade dos desenhos ficarem desfocados. Contudo, se a estrutura estiver demasiado próxima existe a hipótese da linha dos desenhos ser demasiado estreita. Feitas as correcções na máquina, foi efectuado novamente o teste de capacidade. Não recebi os resultados destas últimas medições devido ao insuficiente tempo útil existente para desenvolvimento do trabalho de projecto.

### Soldadura por Onda

O controlo da temperatura de soldadura já estava definido quando se iniciou o trabalho individual de projecto e utilizava-se para este controlo uma carta do tipo  $\bar{x}$  s. Ao analisar a carta reparou-se que esta não era utilizada correctamente, pois estavam a aglomerar dentro de cada sub-agrupamento, valores pertencentes a diferentes dias e/ou diferentes turnos (Ver Anexo D Gráfico 15). Sendo uma variável com pequena variação ao longo do tempo, a Carta de Controlo mais indicada será do tipo X MR. Implementei esta carta (Ver Anexo D Gráfico 16). Na grande maioria dos vários controlos efectuados ficou patente que a variável temperatura é bastante estável já que em nenhuma das cartas existiu pontos fora dos limites de especificação. O valor nominal para um processo com chumbo é de 250 °C, com limites de especificação superior de 255 °C e inferior de 245 °C e respectiva tolerância de 10 °C. O valor nominal para um processo sem chumbo é de 255 °C, com limites de especificação superior de 260 °C e inferior de 250 °C e respectiva tolerância de 10 °C. A variável temperatura, no processo de soldadura apresenta um excelente nível de estabilização nas catorze máquinas. Todas as máquinas estão capazes de executar o processo dentro das especificações pretendidas com valores de  $C_m$  acima do 1.66 imposto.

No decorrer do período do trabalho individual de projecto foi dada uma formação aos técnicos de manutenção para semanalmente introduzirem os valores de temperatura medidos na Carta de Controlo. Para uma correcta análise dos resultados oferecidos pela Carta de Controlo foi transmitido na formação duas regras fundamentais. A primeira refere que o primeiro valor introduzido na carta terá de ser, obrigatoriamente, o primeiro valor de temperatura medido em cada mês. A segunda, dado que a Carta de Controlo necessita de vinte e cinco valores

medidos e a empresa apenas labora vinte e dois dias por mês, se não existirem feriados, os três valores que faltam introduzir na carta serão valores pertencentes ao mês a seguir. Os técnicos apenas têm o objectivo da colocação dos valores na carta, sendo a análise realizada por pessoas com mais conhecimento teórico. No Anexo E (Gráfico 33) apresenta-se um exemplo duma Carta de Controlo preenchida pelos técnicos. Os técnicos não tiveram quaisquer problemas em perceber estas duas regras. Contudo, houve alguma dificuldade na compreensão da diferença entre limites de especificação e limites de controlo. Esta tarefa está neste momento a ser executada não tendo a empresa problemas se existir alguma auditoria de um cliente, apresentando o controlo semanal da capacidade da máquina.

### Soldadura Selectiva

O controlo da temperatura nesta máquina é feito de forma muito semelhante ao controlo existente nas máquinas de soldadura por onda. Foi alterado o tipo de cartas de controlo,  $\bar{x}$  s para X MR, sendo no entanto, diferente o valor nominal de temperatura, 290 °C, com limites de especificação superior de 300 °C e inferior de 280 °C e respectiva tolerância de 20 °C. Aqui também se consegue um bom controlo da variável temperatura nas onze máquinas SOLTEC 6745, nas duas SOLTEC 6747 e nas seis Pillarhouse encontrando valores superiores a 1.66 para as suas capacidades. Foi instruída a mesma tarefa aos técnicos de preenchimento das cartas de controlo através da formação já referida anteriormente. No entanto, foi encontrado um problema neste controlo que consistia no local e na profundidade onde era feita a medição da temperatura. Nas máquinas pertencentes ao modelo Pillarhouse, apenas existia dificuldade para encontrar a profundidade correcta, pois o local já se encontrava bem definido. No início do meu trabalho de projecto as medições eram retiradas a partir do tanque existente no interior da máquina, onde a solda está armazenada em estado líquido, numa zona oposta ao local onde ocorria a soldadura. Sugeriu-se que as novas medidas fossem retiradas na parte superior do *nozzle*, local onde é efectuado a soldadura, pois dadas as grandes dimensões do tanque, a temperatura no *nozzle* encontra-se a 280 °C, ou seja, poderá existir um gradiente de temperatura de sensivelmente 10 °C ao longo do tanque. Numa sessão de *brainstorming* essa questão foi discutida, concluindo que a opção do controlo da temperatura na parte superior do *nozzle* era errada pois não se estaria a controlar uma variável da máquina, mas sim do processo. Ficou então decidido que o controlo iria ser realizado no tanque mas numa zona próxima do *nozzle*, mediante a confirmação através de um estudo que o valor da temperatura existente no tanque perto do *nozzle* era de aproximadamente 280 °C. O estudo foi desenvolvido efectuando cerca de cinco medidas ao longo de um mês em cada máquina nas quatro diferentes zonas seleccionadas. Foi eleito o número e a localização das quatro zonas de maneira a que toda a largura do tanque de solda fosse explorada. Antes de apresentar os resultados é importante referir que a sigla VT e JADE seguidas de um número correspondem à identificação das máquinas de soldadura selectiva dos modelos SOLTEC 6745 e Pillarhouse, respectivamente. Os resultados obtidos foram os seguintes:

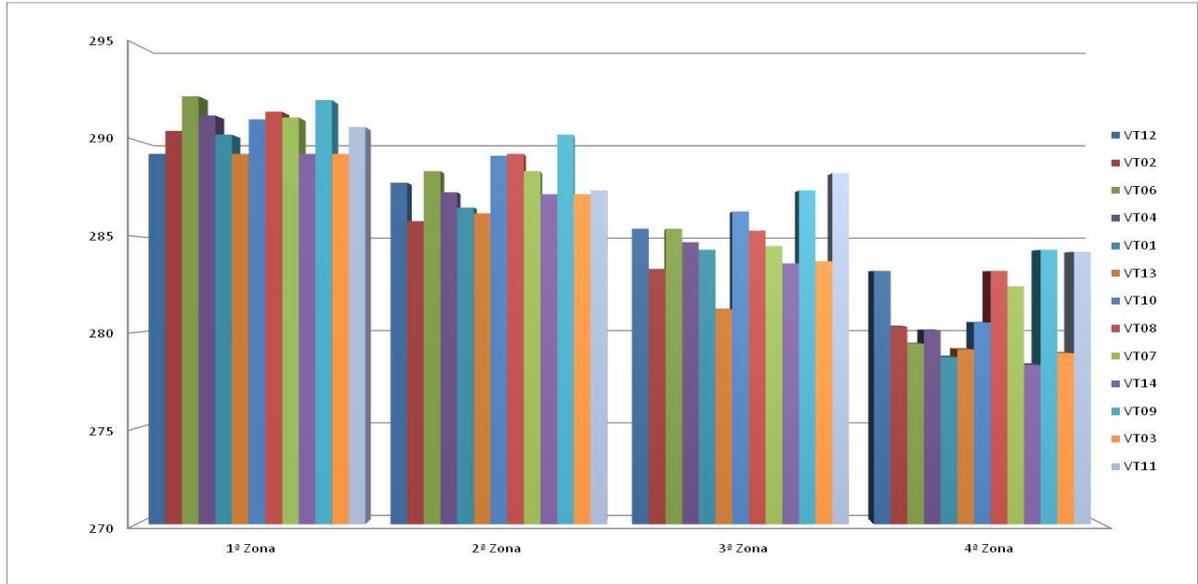


Gráfico 1 - Estudo da Temperatura ao Longo da Largura do Tanque de Solda - SOLTEC 6745

As quatro zonas assinaladas nos gráficos correspondem às seguintes distâncias ao longo da largura do tanque de solda:

- 1ª Zona – a 300 mm do *nozzle*
- 2ª Zona – a 200 mm do *nozzle*
- 3ª Zona – a 100 mm do *nozzle*
- 4ª Zona – alinhada com o centro do diâmetro do *nozzle*

O estudo confirmou o valor de 280 °C perto do *nozzle* ficando, desta forma, o local de medição da temperatura definido. Faltava apenas definir a profundidade. Tendo sido desenvolvido um outro estudo na mesma linha de análise do anterior, ou seja, foi desenvolvido efectuando cerca de cinco medidas ao longo de um mês em cada máquina nas quatro diferentes zonas seleccionadas. Foi eleito o número e a localização das quatro zonas de maneira a que toda a profundidade do tanque de solda fosse explorada.

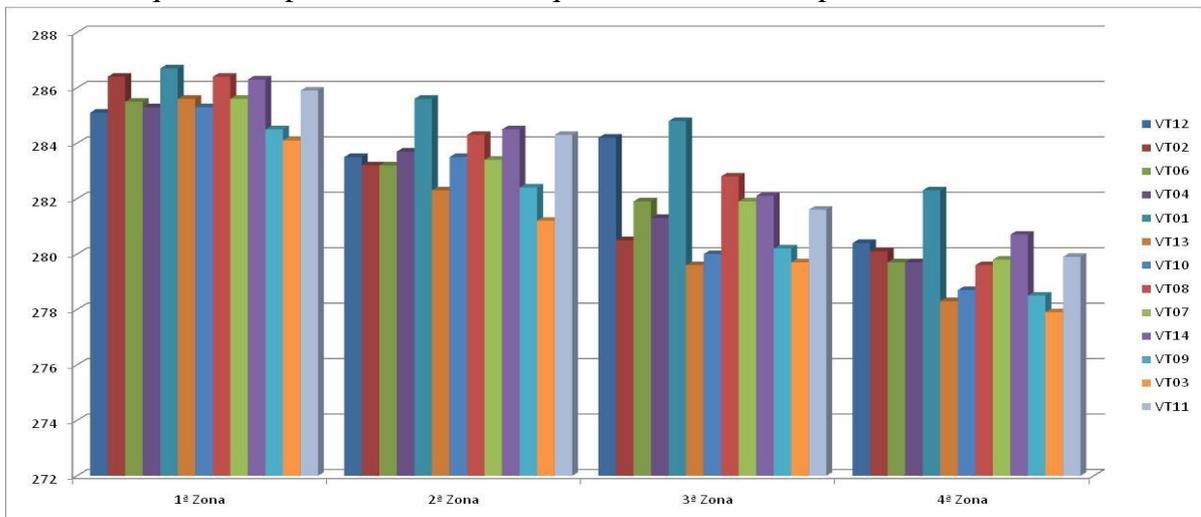


Gráfico 2 - Estudo da Temperatura ao Longo da Profundidade do Tanque de Solda - SOLTEC 6745

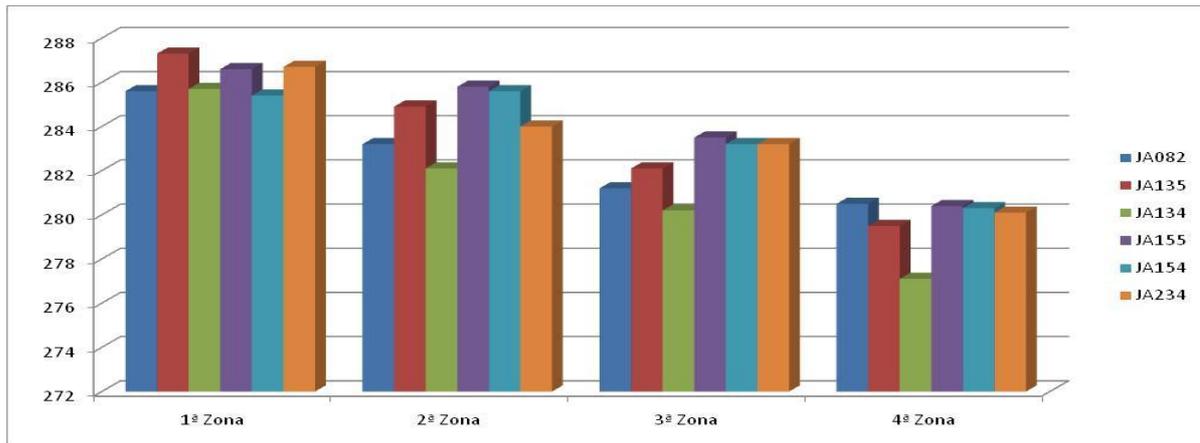


Gráfico 3 - Estudo da Temperatura ao Longo da Profundidade do Tanque de Solda - Pillarhouse

As quatro zonas assinaladas nos gráficos correspondem às seguintes profundidades longo da altura do tanque de solda:

- 1ª Zona – a 201,5 mm da superfície do tanque de solda
- 2ª Zona – a 187,5 mm da superfície do tanque de solda
- 3ª Zona – a 77 mm da superfície do tanque de solda
- 4ª Zona – a 10 mm da base da superfície de solda

O estudo confirmou o valor de 280 °C a 10 mm da superfície do tanque de solda e a profundidade de medição da temperatura estava assim definido. Depois de se conseguir definir o local e a temperatura foi necessário apenas normalizar o processo de medição, já descrito na fase de medição.

Em relação ao controlo da variável de variação de deslocamento da estrutura pulverizadora de reagente após construídas e analisadas as cartas de controlo para todas as máquinas (SOLTEC 6745 e Pillarhouse) concluiu-se que as máquinas, apenas dentro do modelo SOLTEC 6745, tinham desvios em relação aos eixos  $x$ ,  $y$  e que em relação à quantidade de reagente pulverizado existiam duas máquinas que seguiam padrões, presentes no papel térmico, diferentes das restantes. Utilizou-se para estas análises cartas de controlo do tipo X MR pois todas as medições estão dependentes uma da outra, estando integradas todas na paleta padronizada de medição. Para a carta referente às variações de deslocamentos foi imposto um valor nominal de 0 mm, com limites de especificação de  $\pm 2$  mm, com a respectiva tolerância de 4 mm. Nas cartas de análise de quantidade de reagente utilizado o valor nominal é de 5 mm, um limite superior de especificação de 7 mm e um limite inferior de especificação de 3 mm, com uma tolerância de 4 mm (Ver Anexo D Gráfico 17, Gráfico 18, Gráfico 19)

Para resolução destes problemas também foi feita uma sessão de *brainstorming* com os técnicos de manutenção, utilizando o Diagrama de Ishikawa para descobrir as principais causas dos desvios encontrados e das diferenças de quantidade (Ver Anexo D Figura 40). As causas que se decidiu reajustar foram a perpendicularidade dos eixos, o paralelismo dos batentes, o desnível das correias rolantes à entrada da máquina, o entupimento do tubo por onde percorre o reagente, o diâmetro do tubo e a correcção de *offset*.

Como sequência de trabalho realizado nas fresas decidiu-se apenas restringir o processo de melhoria das máquinas a apenas uma, estendendo-se para o resto de toda a fábrica esses

processos quando se conseguissem resultados evidentes. Foi escolhida a máquina que proporcionava mais defeitos nos produtos, sendo curiosamente uma das que denotaram utilização de maior quantidade de reagente nos PCB's. Na correcção da máquina foi substituído o tubo existente por um outro com um diâmetro mais pequeno, verificando-se que o diâmetro utilizado anteriormente era de 270  $\mu\text{m}$  quando deveria ser de 130  $\mu\text{m}$ . Mais uma vez se provou que os testes de capacidade bem utilizados conseguem identificar os problemas da máquina. Além disto, também foram ajustados os batentes da máquina, a perpendicularidade dos eixos e o erro de *offset*.

Com os novos resultados das medições as cartas de controlo mostraram uma boa evolução, não só ao nível das variações dos deslocamentos e da quantidade de reagente utilizado no PCB como também ao nível de defeitos nos produtos conseguindo uma redução significativa (Ver Anexo D Gráfico 20, Gráfico 21, Gráfico 22). Conseguindo colocar a máquina em estudo com um índice de capacidade elevado basta agora aplicar as mesmas correcções nas restantes máquinas.

As máquinas do modelo Pillarhouse ofereceram resultados bastante bons, executando o processo dentro das especificações sem quaisquer problemas. A razão mais plausível para as diferenças existentes entre os dois modelos é a introdução de uma câmara na estrutura onde se executa a pulverização do reagente e a soldadura. Esta câmara ajuda nos deslocamentos efectuados ao longo dos eixos  $x$  e  $y$  procurando visualmente o ponto a ser pulverizado.

Passando agora para a variável de variação de deslocamento nos eixos  $x$ ,  $y$ ,  $z$  pertencentes ao processo de soldadura onde o tipo de carta utilizada é o mesmo da variável anterior, ou seja X MR, onde como valor nominal definiu-se 0 mm, com limites de especificação de  $\pm 1$  mm e com uma tolerância de 2 mm. Os resultados foram assustadoramente maus apenas nas SOLTEC 6745 (Ver Anexo D Gráfico 22, Gráfico 23, Gráfico 24). Nenhuma máquina apresentou capacidade suficiente para executar correctamente o processo de soldadura. Apenas no eixo  $z$  algumas conseguiram atingir os objectivos. Utilizou-se, mais uma vez, o diagrama de causa efeito e sugeriu-se as seguintes causas para os desastrosos resultados: desnível da garra, má prisão da paleta na garra, erros pertencentes ao *software* da máquina e desgaste do *nozzle* (Ver Anexo D Figura 41). Infelizmente, devido ao insuficiente tempo útil do projecto, os técnicos não efectuaram qualquer intervenção correctiva na máquina.

As máquinas do modelo Pillarhouse têm índices de capacidade bons, conseguindo assim uma boa soldadura.

A última análise referida no relatório de projecto é a questão da periodicidade de substituição do *nozzle*. Esta análise foi feita devido ao desgaste de altura sofrido pelo *nozzle* ao longo do tempo, chegando a um determinado valor em que o processo de soldadura não se consegue executar pois a solda não alcança a altura necessária para chegar à paleta que contém os PCB's. Dado que o meu trabalho individual de projecto incide nas cartas de controlo, resolvi estudar através delas, a periodicidade de substituição das *nozzles*.

Quando iniciei o trabalho individual de projecto estava definida a substituição mensal de todos os *nozzles*.

O estudo foi realizado nas seis máquinas SOLTEC 6745 onde o seu *nozzle* foi substituído duas vezes, conseguindo assim avaliar se a sua substituição foi executada no intervalo de tempo correcto. É importante referir que duas das máquinas estudadas utilizam o processo de soldadura com chumbo e as restantes sem chumbo.

Utilizei uma Carta de Controlo do tipo X MR, com um valor nominal de 6,5 mm, limite superior e inferior de especificação de 7.5 mm e 5.5 mm, respectivamente. A tolerância é de 2 mm.

Foi feita uma média de todos os quatro valores medidos ao longo do diâmetro nas máquinas em estudo. De todos esses valores médios foram retirados sete deles com uma diferença de aproximadamente 0,15 mm entre si para serem introduzidos na Carta de Controlo seleccionada. Isto, para evitar que o estreitamento exagerado dos limites de controlo, não conseguindo efectuar o estudo.

Nesta carta apenas nos interessará o cálculo do limite inferior de controlo, pois dado que por impossibilidade da física (ex. oxidações) o *nozzle* não aumenta de volume durante o tempo, queremos descobrir qual e em que data o primeiro valor de altura está abaixo do limite inferior de controlo.

Após a análise podemos concluir,

#### VT01 - Processo Sem Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 25)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 17-04-2009.

O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 17-06-2009, estando já abaixo do limite inferior de controlo calculado.

O *nozzle* foi substituído apenas em dois meses devido à existência de ruptura de stock.

O valor anterior a este (acima do limite inferior de controlo) foi retirado no dia 03-06-2009.

Mau período de substituição do *nozzle* pois devia ter sido substituído antes.

Sugere-se a substituição no período de 1 mês e 1 semana.

#### VT02 - Processo Sem Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 26)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 13-05-2009.

O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 18-06-2009, estando já abaixo do limite inferior de controlo calculado.

O valor anterior a este (acima do limite inferior de controlo) foi retirado no dia 05-06-2009.

Mau período de substituição do *nozzle* pois devia ter sido substituído antes.

Sugere-se a substituição no período de 1 mês.

#### VT04 - Processo Com Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 27)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 14-04-2009.

O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 13-05-2009, **não** estando abaixo do limite inferior de controlo calculado.

Mau período de substituição do *nozzle* pois **não** devia ter sido substituído.

Sugere-se que o período de substituição seja superior a 1 mês.

VT10 - Processo Com Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 28)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 17-04-2009.  
O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 19-05-2009, **não** estando abaixo do limite inferior de controlo calculado.  
Mau período de substituição do *nozzle* pois **não** devia ter sido substituído.  
Sugere-se que o período de substituição seja superior a 1 mês.

VT13 - Processo Sem Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 29)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 17-04-2009.  
O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 19-05-2009, estando já abaixo do limite inferior de controlo calculado.  
O valor anterior a este (acima do limite inferior de controlo) foi retirado no dia 13-05-2009.  
Mau período de substituição do *nozzle* pois devia ter sido substituído antes.  
Sugere-se a substituição no período de 1 mês.

VT14 - Processo Sem Chumbo (Ver Anexo D Gráfico 30)

A primeira substituição do *nozzle* ocorreu dia 17-04-2009.  
O último valor da altura retirado antes da substituição foi efectuado no dia 29-05-2009, estando já abaixo do limite inferior de controlo calculado.  
O valor anterior a este (acima do limite inferior de controlo) foi retirado no dia 25-05-2009.  
Mau período de substituição do *nozzle* pois devia ter sido substituído antes.  
Sugere-se a substituição no período de 1 mês e 1 semana.

Concluindo sugiro que a substituição do *nozzle* seja efectuada da seguinte forma:

	<b>Processo Sem Chumbo</b>	<b>Processo Com Chumbo</b>
Período de Substituição	1 mês	* (superior a 1 mês)

**Tabela 3 - Periodicidade de Substituição do *Nozzle***

Não se consegue precisar a periodicidade de substituição do *nozzle* nas máquinas que executam processos com chumbo pois não foi substituído nenhum *nozzle* defeituoso em nenhuma máquina, daí o mau período que estariam a utilizar. No entanto, existe neste momento um caso de estudo em que uma máquina desenvolve o processo de soldadura com chumbo. A última substituição do seu *nozzle* foi no dia 21-01-2009 e até à presente data, 27-06-09, ainda não foi detectado qualquer tipo de defeitos nos produtos, nomeadamente “soldas frias”, devido ao desgaste da sua altura. Pode-se então dizer que no mínimo, deve-se efectuar uma substituição do *nozzle* nas máquinas que desenvolvem processos de soldadura com chumbo de cinco em cinco meses.

Dado que cada *nozzle* custa aproximadamente 100 €, consegue-se assim a seguinte redução:

**Antiga Periodicidade**

$$(6 \text{ Máquinas Processo Com Chumbo} \times 100 \text{ €} + 5 \text{ Máquinas Sem Chumbo} \times 100 \text{ €}) \times 12 = \mathbf{13200 \text{ €/ano}}$$

**Nova Periodicidade**

$$6 \text{ Máquinas Processo Com Chumbo} \times 100 \text{ €} \times 3 + 5 \text{ Máquinas Processo Sem Chumbo} \times 100 \text{ €} \times 12 = \mathbf{7.800 \text{ €/ano}}$$

**Lucro**

$$13.200 \text{ €/ano} - 7.800 \text{ €/ano} = \mathbf{5.400 \text{ €/ano}}$$

#### 4.3.4 Fase 4: Controlo

Fresa

Depois de conseguir os resultados vistos na fase de análise, sugeriu-se a execução do teste de capacidade da máquina para verificar o seu controlo em relação à variação dos deslocamentos nos eixos *x*, *y* após a ocorrência dos seguintes cenários:

- Avaria em alguma peça da máquina.
- Substituição da fresa.
- Movimentação física da máquina.
- Alteração do tipo de material que constitui o PCB.
- Com uma periodicidade de seis em seis meses.

O controlo das fresas foi extremamente complicado pois entrou-se numa dicotomia antagónica impondo limites de especificação extremamente apertados,  $\pm 0.2 \text{ mm}$ , em máquinas com mais de quinze anos, onde a existência de folgas e empenos são encarados com naturalidade.

Laser

O controlo da máquina laser na verificação da variação do deslocamento ao longo dos eixos *x*, *y*, sugere-se que seja realizado quando a existência de:

Avaria em alguma peça da máquina.

- Movimentação física da máquina.
- Alteração das dimensões da base, onde é colocada o painel frontal do auto-rádio.
- Aparecimento de novos desenhos para marcação por laser no painel frontal do auto-rádio.
- Com uma periodicidade de seis em seis meses.

### Soldadura por Onda

O controlo da capacidade da variável temperatura na máquina de soldadura por onda necessita de ser feito mensalmente, no entanto, sugere-se que a sua medição seja efectuada apenas uma vez por dia, utilizando assim, apenas um turno.

### Soldadura Selectiva

O controlo da capacidade da variável temperatura na máquina de soldadura selectiva necessita de ser feito mensalmente, no entanto, sugere-se que a sua medição seja efectuada apenas uma vez por dia, utilizando assim, apenas um turno. Dados os resultados obtidos na fase de análise, sugere-se o estreitamento dos limites de especificação de  $\pm 10$  °C para  $\pm 5$  °C.

O controlo dos eixos  $x$ ,  $y$  e quantidade de reagente utilizado da estrutura pulverizadora e  $x$ ,  $y$ ,  $z$  da estrutura onde se efectua a soldadura, nas máquinas do modelo SOLTEC 6745, dados os problemas ao nível da execução dos processos, deve ser realizado:

- Com uma periodicidade de uma vez por mês.
- Ocorrência de alguma avaria na máquina, principalmente na garra.
- Mudança física da máquina.
- Substituição do *nozzle*.

Já no modelo Pillarhouse como os índices de capacidade foram mais elevados sugere-se o controlo apenas:

- Mudança física da máquina.
- Ocorrência de avarias.
- Com uma periodicidade de uma vez de seis em seis meses.

## 5. Conclusões

Após a realização do trabalho individual de projecto ficou claro que as Cartas de Controlo utilizadas de forma adequada, em conjunto com métodos de medição bem pensados e correctamente executados são uma ajuda fundamental na detecção de problemas nas máquinas ou no próprio processo.

Sendo uma ferramenta com uma potencialidade incrível, qualquer colaborador consegue descobrir se o processo ou a máquina estão ou não a executar o processo de forma apropriada, sendo fácil ver se um ponto está dentro ou fora dos limites de especificação. No entanto, a sua implementação e análise tem já uma dimensão mais complexa.

Os métodos estandardizados instalados na BCMP para avaliação da capacidade das máquinas em estudo, servirão para no futuro prever possíveis situações de descontrolo das máquinas de uma forma fácil e eficaz.

O auxílio do *software Minitab*, já requisitado e faltando apenas a sua licença de instalação, será uma excelente ajuda nas análises efectuadas, potenciando estudos muito mais detalhados sobre a avaliação da capacidade das máquinas.

Nestes quatro meses de desenvolvimento do projecto adquiri muito conhecimento, não só ao nível das Cartas de Controlo, mas também acerca da vivência do mundo de trabalho, muito por culpa da empresa em que desenvolvi o meu trabalho individual de projecto, Bosch Car Multimedia Portugal, que considero ser uma referência a nível mundial na produção de auto-rádios, não só pelo profissionalismo de todos os colaboradores mas pelas magníficas condições que a empresa oferece.

Foi sem dúvida uma experiência enriquecedora em todos os níveis.

## Bibliografia

- (s.d.). Acedido em 17 de Maio de 2009, de Abepro:  
[www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR22\\_1283.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR22_1283.pdf)
- Apontamentos de Processos de Fabrico II. (2001). Porto: ISEP.
- Blaupunkt*. (s.d.). Acedido em 2009, de [www.blaupunkt.pt](http://www.blaupunkt.pt)
- Bosch. (s.d.). Acedido em 2009, de [www.bosch.pt](http://www.bosch.pt)
- Bosch. (2003). *Booklet 10 - Capability of Measurement of Machining Processes*. 1ª Ed.
- Bosch. (2005). *Booklet 7 - Statistical Process Control (SPC)*. 4ª Ed.
- Bosch. (2004). *Booklet 9 - Machine & Process Capability of Machining Facilities*. 3ª Ed.
- BreyfogleIII, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons, INC.
- Montgomery, D. C. (1997). *Introduction to Statistical Quality Control*. EUA: John Wiley & Sons, 3ª Ed.
- Semanas, N. (07 de Maio de 2008). *7 Ferramentas Básicas da Qualidade*. Braga: Bosch.

## **Anexo A**

### *Constantes para a Construção de Cartas de Controlo*

X bar and R Charts					X bar and s charts			
Chart for Averages	Chart for Ranges (R)				Chart for Averages	Chart for Standard Deviation (s)		
Control Limits Factor	Divisors to Estimate $\sigma_x$	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to estimate $\sigma_x$	Factors for Control Limits		
Subgroup size (n)	$A_2$	$d_2$	$D_3$	$D_4$	$A_3$	$c_4$	$B_3$	$B_4$
2	1.880	1.128	-	3.267	2.659	0.7979	-	3.267
3	1.023	1.693	-	2.574	1.954	0.8862	-	2.568
4	0.729	2.059	-	2.282	1.628	0.9213	-	2.266
5	0.577	2.326	-	2.114	1.427	0.9400	-	2.089
6	0.483	2.534	-	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435

Tabela 5 - Constantes para a Construção de Cartas de Controlo  $\bar{x}$  R e  $\bar{x}$  s

Median Charts					Charts for Individuals			
Chart for Medians	Chart for Ranges (R)				Chart for Individuals	Chart for Moving Range (R)		
Control Limits Factor	Divisors to Estimate $\sigma_x$	Factors for Control Limits		Control Limits Factor	Divisors to Estimate $\sigma_x$	Factors for Control Limits		
Subgroup size	$\bar{A}_2$	$d_2$	$D_3$	$D_4$	$E_2$	$d_2$	$D_3$	$D_4$
2	1.880	1.128	-	3.267	2.660	1.128	-	3.267
3	1.187	1.693	-	2.574	1.772	1.693	-	2.574
4	0.796	2.059	-	2.282	1.457	2.059	-	2.282
5	0.691	2.326	-	2.114	1.290	2.326	-	2.114
6	0.548	2.534	-	2.004	1.184	2.534	-	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777	0.975	3.078	0.223	1.777

Tabela 4 - Constantes para a Construção de Cartas de Controlo X MR

## **Anexo B**

### *Fase de Definição*

Fresa

Rating of Importance to Customer		Outputs Y1 ... Yn															TOTAL	
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15		
Classification ( 1 to 9 )		9	9	9														
Inputs X1 ... Xn		Queda de PCB's	Corte Efectuado no Local Errado	Falta de Corte no PCB														
X1	Varição de Deslocamento x - Fresa	0	9	9														162
X2	Varição de Deslocamento y - Fresa	0	9	9														162
X6	Varição de Deslocamento y - PCB	0	9	9														162
X3	Varição de Deslocamento z - Fresa	0	6	6														108
X8	Velocidade do PCB no interior da fresa	9	0	3														108
X4	Sistema Pneumático	0	5	5														90
X5	Voltagem Adequada	3	3	3														81
X7	Encruamento do PCB	0	4	0														36

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente  
 .....  
 Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

Tabela 6 - Matriz de Causa Efeito da Fresa

Laser

		Outputs Y1 ... Yn															
Rating of Importance to Customer		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	TOTAL
Classification ( 1 to 9 )		9	8	9	9												
Inputs X1 ... Xn		Desenho Desfocado	Linhas do Desenho Finas	Desenho Fora do Local Pretendido	Laser não desenha												
X1	Variação de Deslocamento em x	9	9	9	0												234
X2	Variação de Deslocamento em y	9	9	9	0												234
X3	Variação de Deslocamento em z	8	8	1	9												226
X5	Velocidade de rotação da base	5	2	5	0												106
X4	Temperatura do interior da máquina	1	0	0	1												18
X6																	0

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente

Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

Tabela 7 - Matriz de Causa Efeito do Laser

Soldadura por Onda

		Outputs Y1 ... Yn															
Rating of Importance to Customer		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	TOTAL
Classification ( 1 to 9 )		9	7	2	1	2											
Inputs X1 ... Xn		Solda Insuficiente	Curtos de Solda	Bolas de Solda	Solda na face superior do PCB	Danificação de PCB's											
X5	Temperatura de Solda	9	9	9	0	0											162
X3	Velocidade dos Motores - Solda	8	8	8	8	3											158
X2	Velocidade de Deslocação do Transporte de PCB	7	7	7	0	8											142
X7	Quantidade de Reagente	6	6	6	0	0											108
X9	Quantidade de Nitrogéneo	5	5	5	0	1											92
X1	Temperatura das Resistência Pré- Aquecimento	4	4	4	0	0											72
X4	Distância entre PCB's	4	4	4	0	0											72
X8	Composição da Solda - Perigo de Contaminação	3	3	3	0	4											62
X6	Temperatura Ambiente - Interior Máquina	3	3	3	0	0											54
X10																	0

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente

Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

**Tabela 8 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura por Onda**

Soldadura Selectiva

*SOLTEC 6745*

		Outputs Y1 ... Yn														
Rating of Importance to Customer		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
Classification ( 1 to 9 )		9	7	2	1	2										
Inputs X1 ... Xn		Solda Insuficiente	Curtos de Solda	Bolas de Solda	Solda na face superior do PCB	Danificação de Componentes										
		<b>TOTAL</b>														
X3	Varição de Deslocamento z - Solda	9	9	9	9	9										189
X4	Temperatura da Solda	9	9	9	9	9										189
X1	Varição de Deslocamento x - Solda	9	9	9	3	9										183
X2	Varição de Deslocamento y - Solda	9	9	9	3	9										183
X7	Desgaste do Nozzle	9	9	4	0	8										168
X9	Varição de Deslocamento x - Reagente	9	9	9	0	0										162
X10	Varição de Deslocamento y - Reagente	9	9	9	0	0										162
X11	Quantidade de Reagente Utilizado	9	9	9	0	0										162

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente

Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

**Tabela 9 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - SOLTEC 6745**

SOLTEC 6747

		Outputs Y1 ... Yn														TOTAL	
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14		Y15
Rating of Importance to Customer																	
Classification ( 1 to 9 )		9	7	2	1	2											
Inputs X1 ... Xn		Solda Insuficiente	Curtos de Solda	Bolas de Solda	Solda na face superior do PCB	Danificação de Componentes											
X2	Varição de Deslocamento z - Solda	9	9	9	9	9											189
X3	Temperatura da Solda	9	9	9	9	9											189
X6	Varição de Deslocamento x - Reagente	9	9	9	0	0											162
X7	Varição de Deslocamento y - Reagente	9	9	9	0	0											162
X8	Quantidade de Reagente Utilizado	9	9	9	0	0											162
X11	Desnívelamento do Tanque de Solda	7	7	7	7	7											147
X9	Limpeza dos Nozzles	8	8	8	1	0											145
X10	Material dos Nozzles	8	8	8	0	0											144
X4	Temperatura das Resistência Pré - Aquecimento	6	7	6	0	0											115
X13	Quantidade de Nitrogénio	5	5	5	0	1											92
X5	Sensores	3	3	4	5	5											71
X1	Varição de Deslocamento y - Solda	3	4	3	1	4											70
X12	Composição da Solda - Perigo de Contaminação	3	3	3	0	4											62
X14																	0

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente  
  
 Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

Tabela 10 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - SOLTEC 6747

Pillarhouse

		Outputs Y1 ... Yn															
Rating of Importance to Customer		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	TOTAL
Classification ( 1 to 9 )		9	7	2	1	2											
Inputs X1 ... Xn		Solda Insuficiente	Curtos de Solda	Bolas de Solda	Solda na face superior do PCB	Danificação de Componentes											
X3	Varição de Deslocamento z - Solda	9	9	9	9	9											189
X4	Temperatura da Solda	9	9	9	9	9											189
X1	Varição de Deslocamento x - Solda	9	9	9	3	9											183
X2	Varição de Deslocamento y - Solda	9	9	9	3	9											183
X9	Varição de Deslocamento x - Reagente	9	9	9	0	0											162
X10	Varição de Deslocamento y - Reagente	9	9	9	0	0											162
X11	Quantidade de Reagente Utilizado	9	9	9	0	0											162
X5	Temperatura das Resistência Pré - Aquecimento	9	8	8	0	0											153
X7	Desgaste do Nozzle	7	7	3	0	8											134
X8	Sensores	3	3	3	4	7											72
X12	Composição da Solda - Perigo de Contaminação	3	3	3	0	4											62
X13	Quantidade de Nitrogénio	3	3	3	0	0											54
X6	Velocidade Angular Nozzle	1	1	1	0	1											20

Yi=1 => Pouco Relevante para o cliente  
 .....  
 Yi=9 => Fundamental para o Cliente

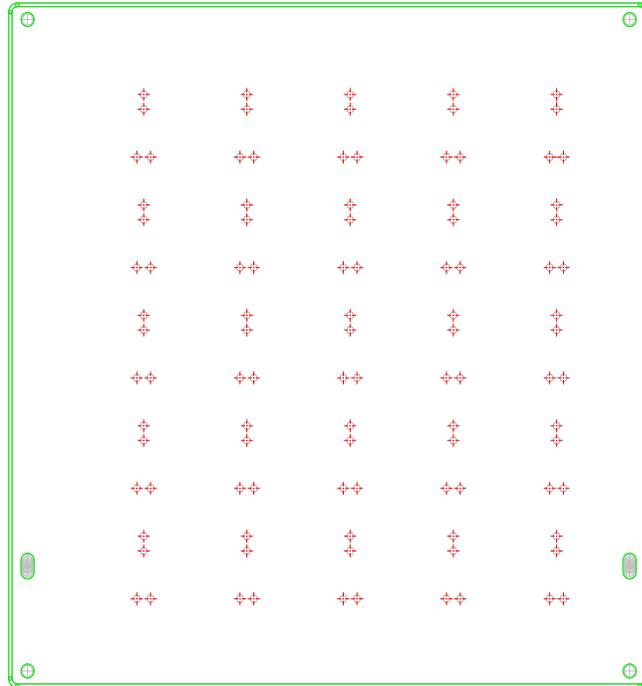
Xn = 1 => A entrada Xn contribui pouco para o Yi Correspondente  
 .....  
 Xn = 9 => A entrada Xn contribui muito para o Yi Correspondente

Tabela 11 - Matriz de Causa Efeito da Soldadura Selectiva - Pillarhouse

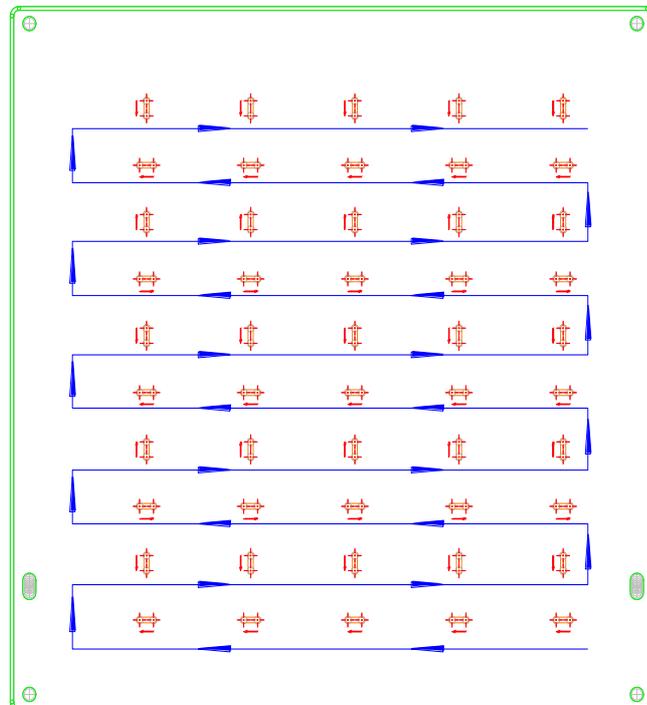
## **Anexo C**

### *Fase de Medição*

Fresa



**Ilustração 1 - Desenho em CAD da Placa de Teste para  
Medição da Capacidade das Fresas**



**Ilustração 2 - Desenho em CAD do Trajecto da Fresa  
na Placa de Teste**

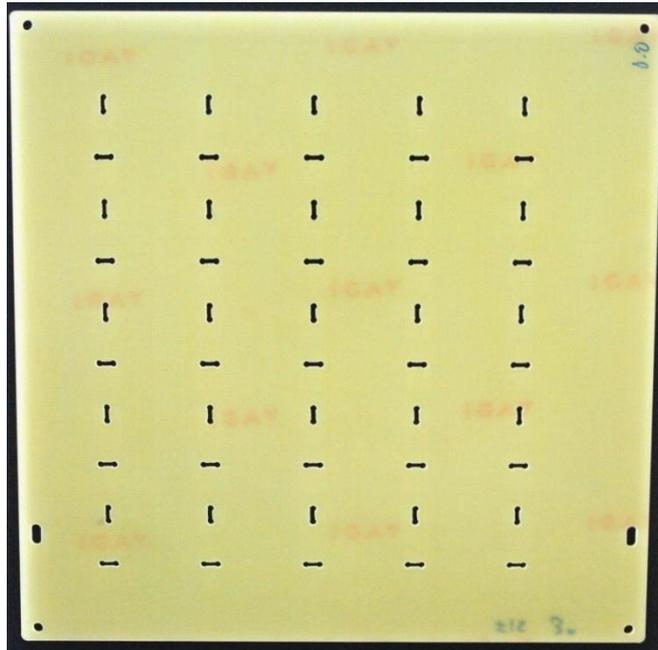


Figura 15 - Placa de Teste após Fresagem à  
Velocidade de Avanço ao Corte de 20 mm/s

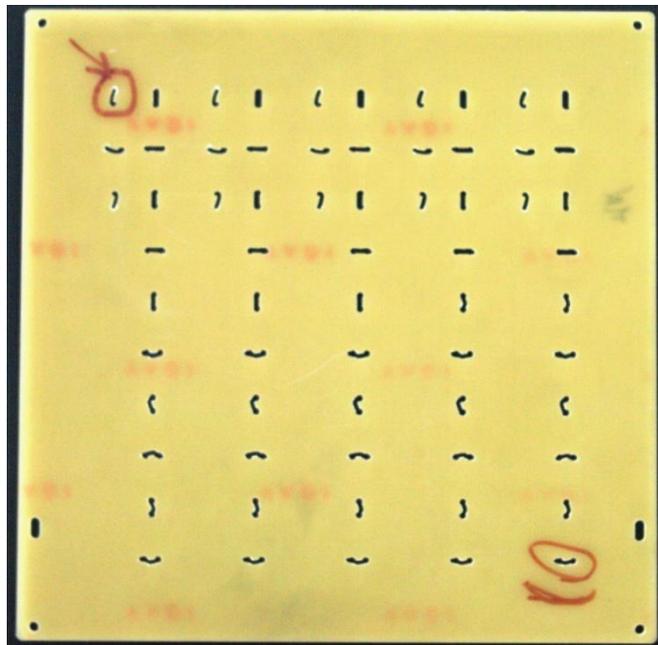


Figura 16 - Placa de Teste após Fresagem à  
Velocidade de Avanço ao Corte de 500 mm/s

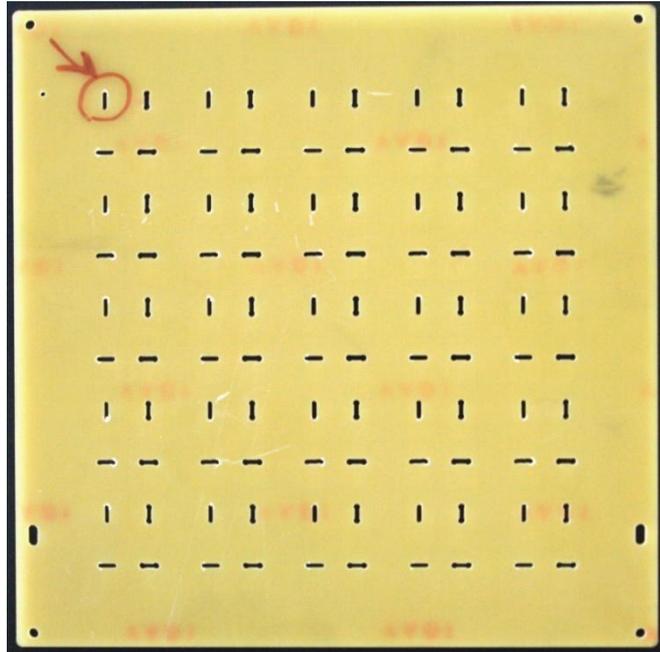


Figura 18 - Placa de Teste após Fresagem à  
Velocidade de Avanço ao Corte de 2,54 mm/s

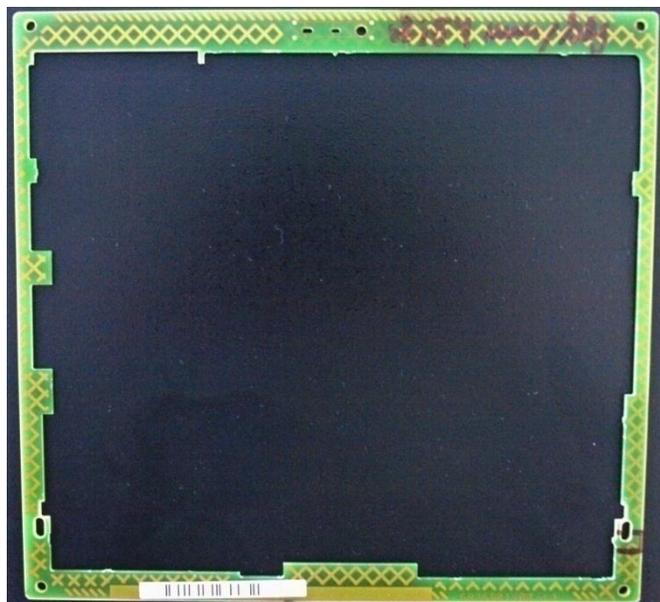
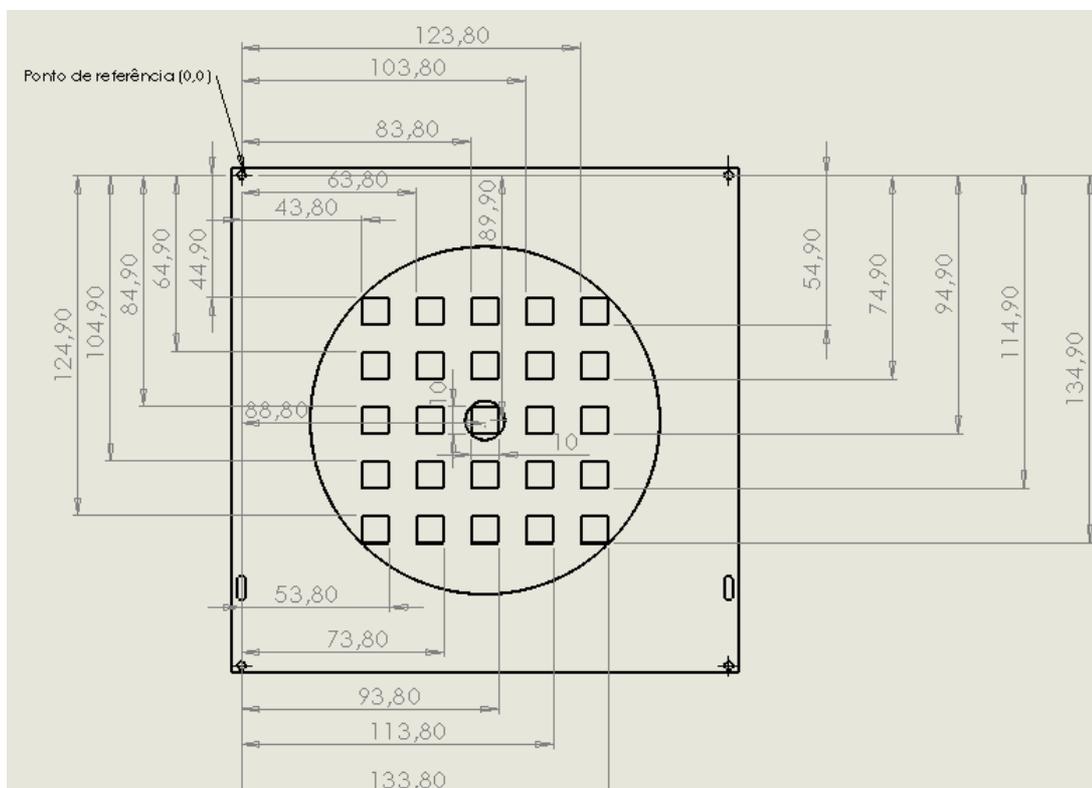


Figura 17 - PCB após Fresagem à Velocidade  
de Avanço ao Corte de 2,54 mm/s



**Figura 19 - PCB após Fresagem à Velocidade  
de Avanço ao corte de 20 mm/s**

## Laser



**Ilustração 3 - Desenho em SolidWorks (2D) Placa de Teste para  
Capacidade da Laser**

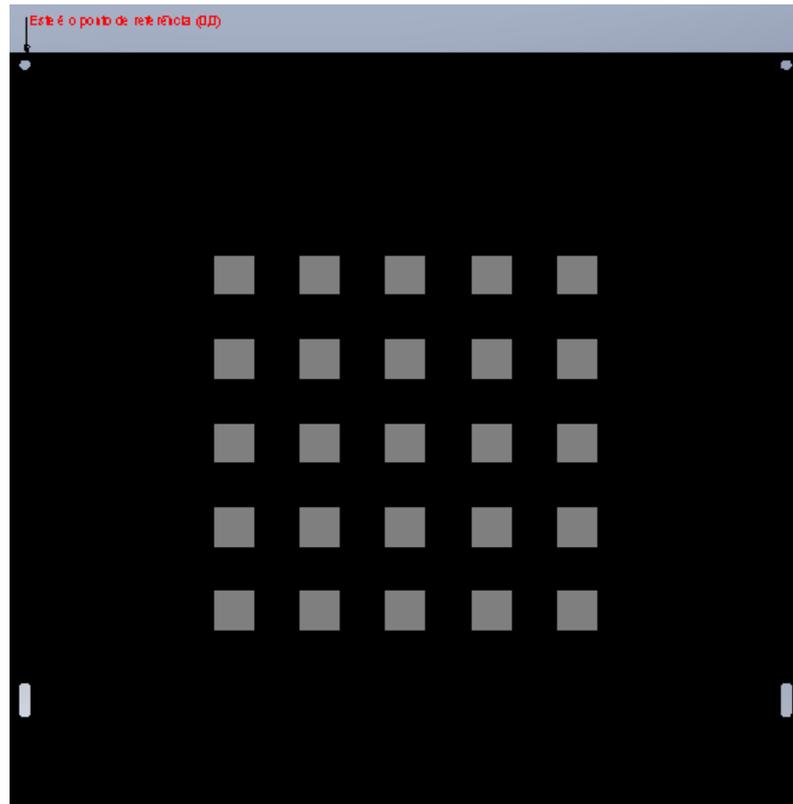


Ilustração 4 - Desenho em SolidWorks (3D) Placa de Teste para Capacidade da Laser

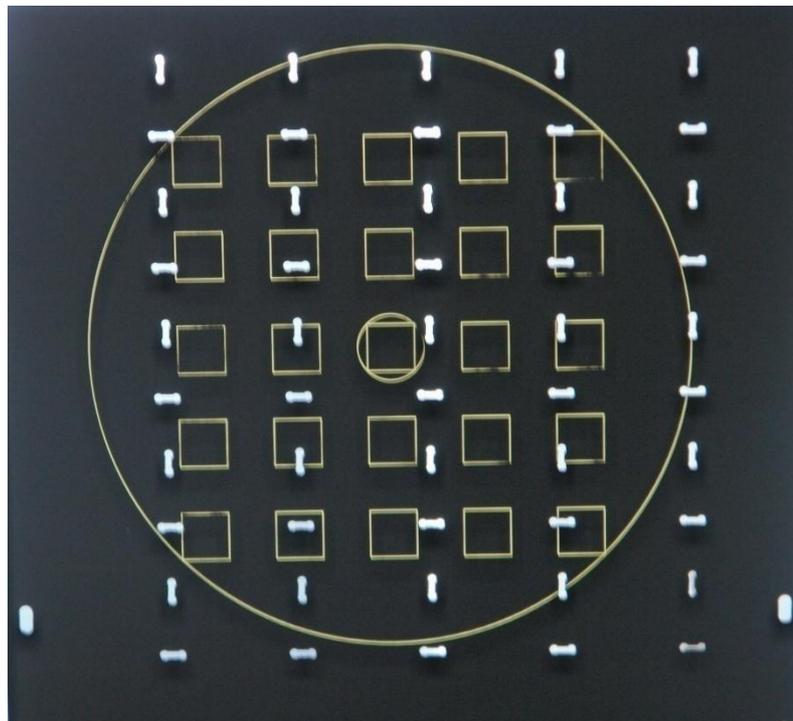


Figura 20 - Placa de Teste após Desenho na Laser

## Soldadura por Onda



Figura 21 - Multímetro Digital e Termopar Tipo K



Figura 22 – Definição da Profundidade para  
Medição da Temperatura de Solda



Figura 23 - Definição do Local para Medição  
da Temperatura de Solda

Soldadura Selectiva



Figura 24 - Multímetro Digital e Termopar Tipo K



Figura 25 - Definição da Profundidade para Medição da  
Temperatura de Solda (SOLTEC 6745, 6747 e Pillarhouse)



Figura 26 - Definição do Local para Medição da  
Temperatura de Solda (SOLTEC 6745)

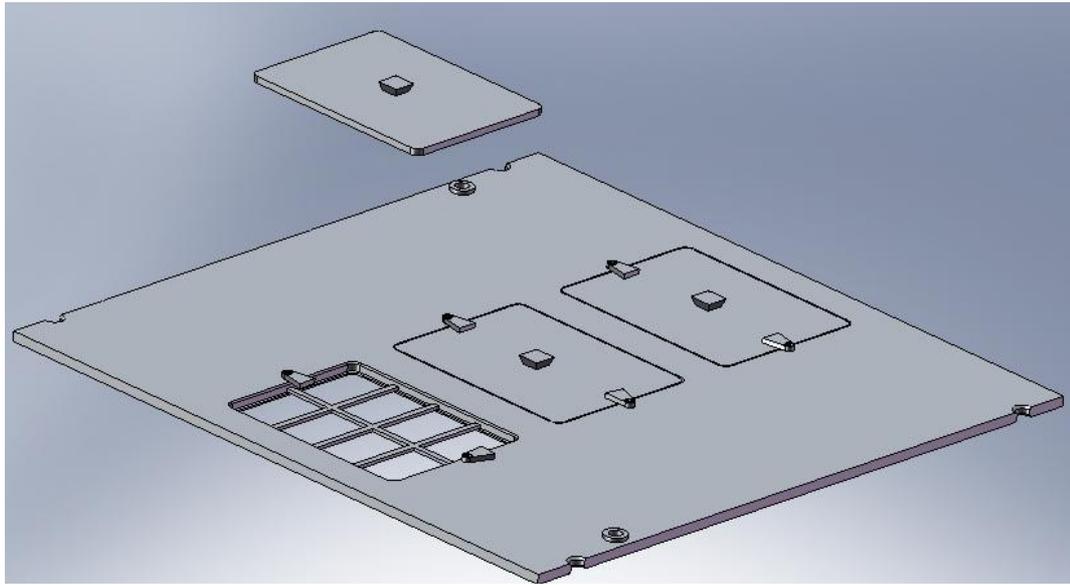


Ilustração 5 - Desenho em SolidWorks (3D) da Paleta de Teste para Estudo da Capacidade em x, y, z

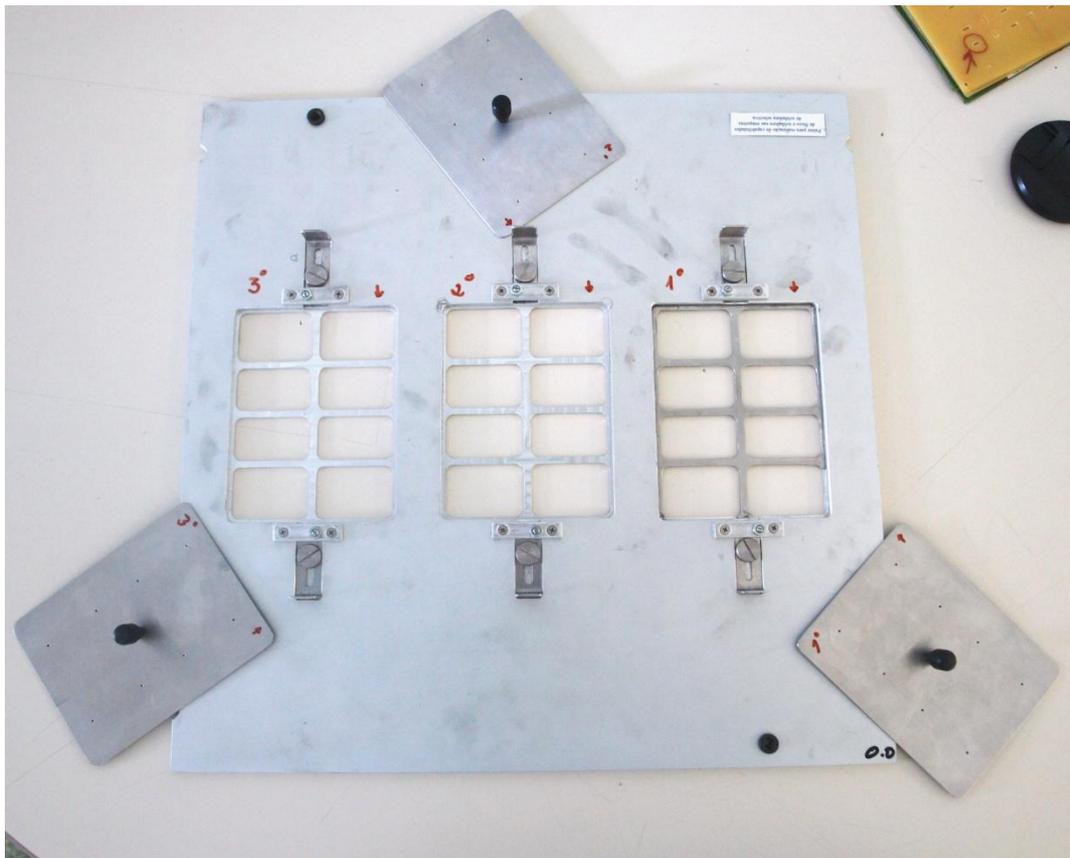


Figura 27 - Paleta de Teste para Estudo da Capacidade em x, y, z

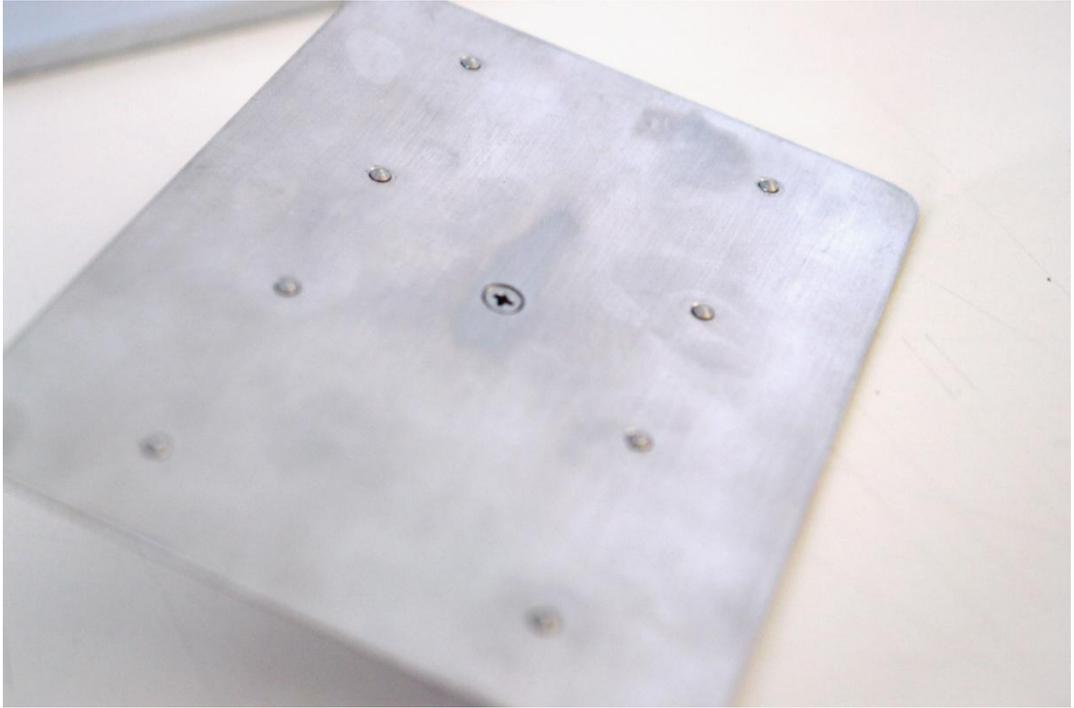


Figura 28 - Tampa da Paleta de Teste com Pinos



Figura 29 - Tampa da Paleta de Teste com Furos e  
Respectivo Alfinete

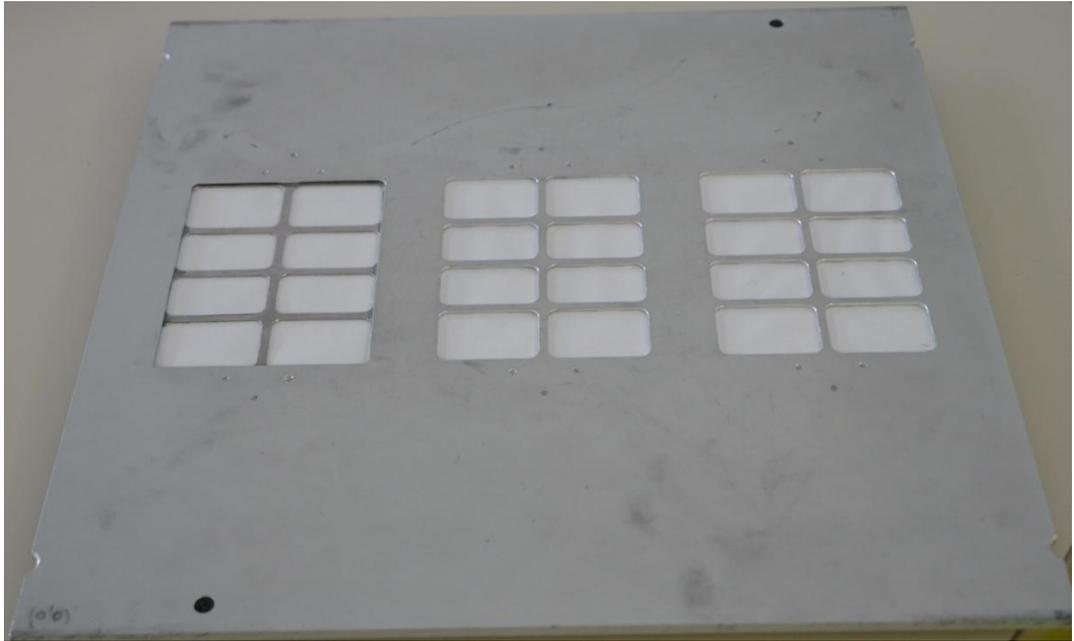


Figura 30 - Paleta de Teste com Papel Térmico

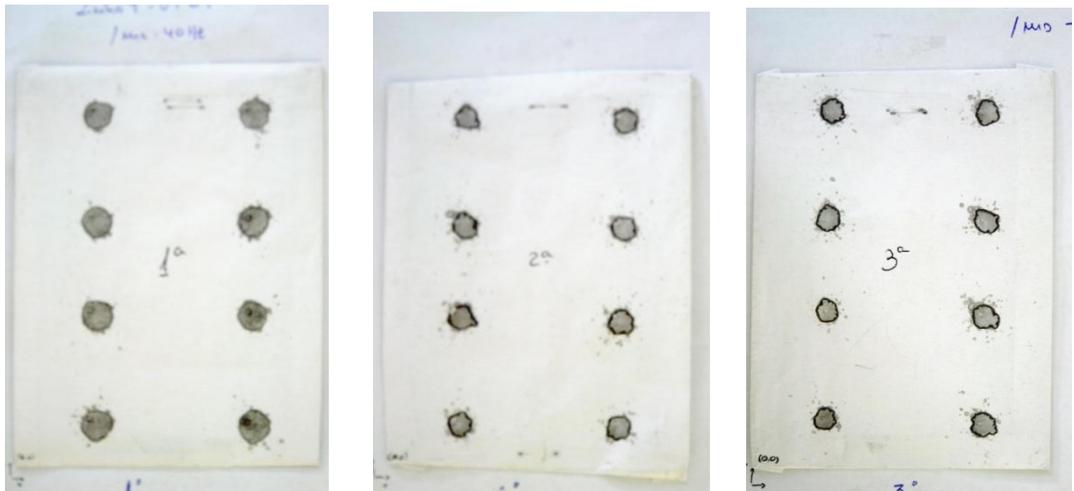


Figura 31 - Papel Térmico Pulverizado com Tubo de Diâmetro de 270  $\mu\text{m}$

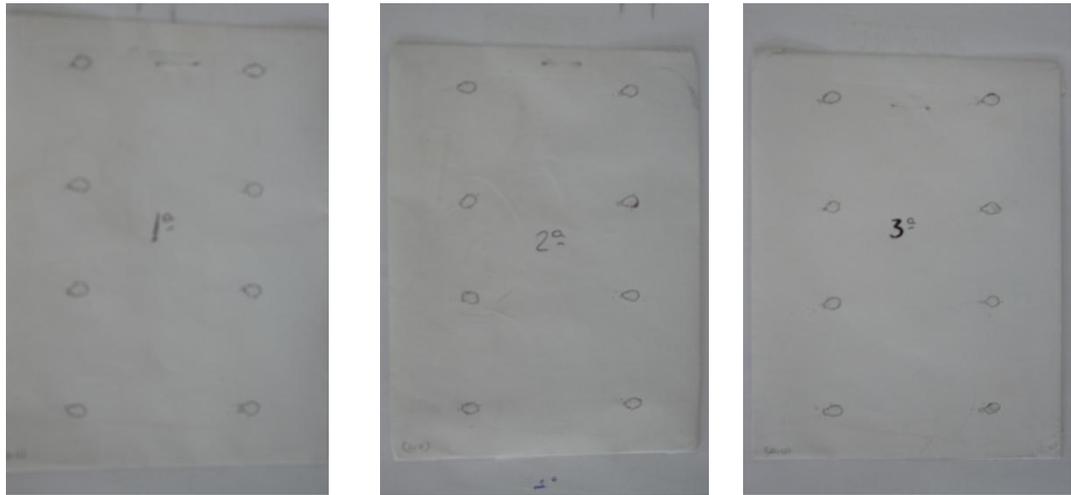


Figura 32 - Papel Térmico Pulverizado com Tubo de Diâmetro de 130  $\mu\text{m}$

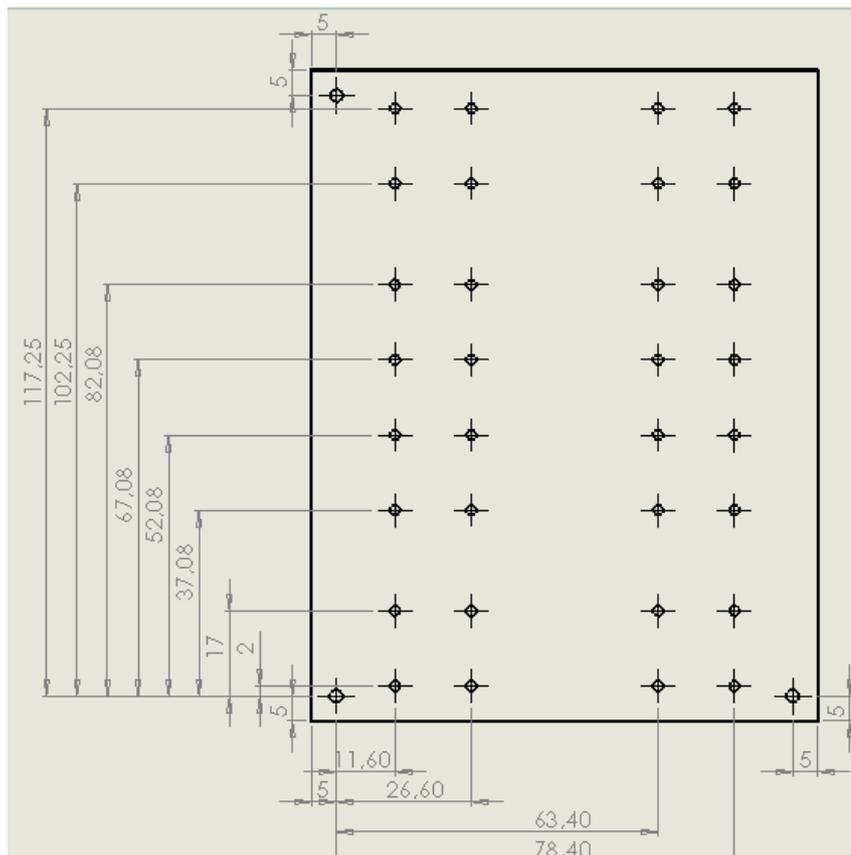
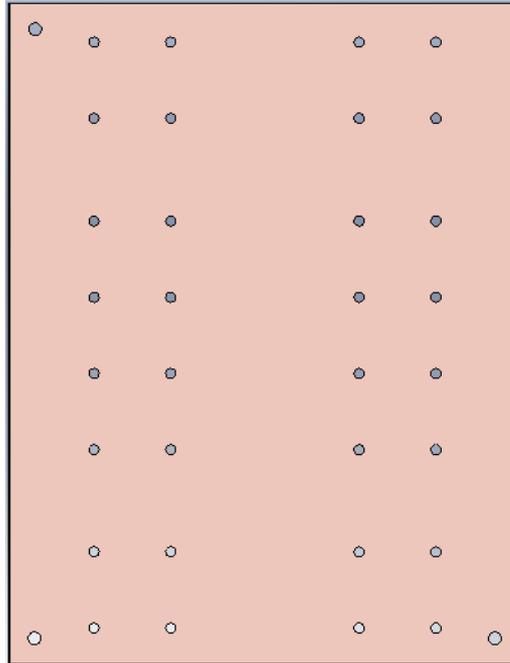


Ilustração 6 - Desenho em SolidWorks (2D)  
Placa de Cobre para capacidade x, y, z da Solda



**Ilustração 7 - Desenho em SolidWorks (3D) Placa de Cobre para Capacidade x, y, z da Solda**



**Figura 33 - Placa de Cobre depois do Teste de Capacidade x, y, z**



**Figura 34 - Estrutura Integrada com Sensor de Deslocamento Digital**



**Figura 35 - Braço com Sensor de Deslocamento Analógico**



**Ilustração 8 - Desenho SolidWorks (3D) do Nozzle**



**Figura 36 - Nozzle**

## **Anexo D**

### *Fase de Análise*

Fresa

		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>	
				Order:	
Machine Nr.:	Designation:	Manufacturer:		Year:	Workshop:
F15	TR3100				MOE 2
Part:	Placa de Teste	Tool:	Máquina de Fresa	Evaluation performed by:	Luís Branco
Material:	FR 4	Meas. instr.:	M. Tridimensional	Date:	14-Mai-09
Rated value:	0,000 mm	Standard:		Machine cycle time:	
Tolerance ( T ) :	0,400 mm	Operation:		Duration of random sampling:	
Maximum value:	0,200 mm	Fresar Placas		Start of random sampling:	o'clock
Minimum value:	-0,200 mm			End of random sampling:	o'clock
<b>Comments and process &amp; ambient parameters:</b> Local: MOE 2 - Linha 8 - eixo x, Inserção manual Função: Fresar contornos de placas Temperature: 22.5 °C Humidade: 52.3 %					
<b>Evaluation :</b> Motivo: Verificação Anual					
Note: Enter measured values overleaf $\bar{X} = $ <input type="text" value="0,005"/> $S = $ <input type="text" value="0,073"/> $\bar{X}_{max} = $ <input type="text" value="0,046"/> $\bar{X}_{min} = $ <input type="text" value="-0,042"/> $S_{max} = $ <input type="text" value="0,0947"/>					
Calculation of $\sigma$ : $\sigma = \bar{S} / a_n = $ <input type="text" value="0,0780"/> ( $a_n = 0,94$ for $n = 5$ )					
<b>Calculation of Cm and Cmk for normal distribution ?</b>					
<input type="text" value="yes"/>		$C_m = \frac{T}{6 \times \sigma} = $ <input type="text" value="0,86"/> <b>Not OK</b>			
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \sigma} = $ <input type="text" value="0,84"/> <b>Not OK</b>			
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \sigma} = $ <input type="text" value="0,87"/> <b>Not OK</b>			
Note: The Lower value of Cmk is evaluated					
<b>Stability test</b> (if "NO", process unstable) Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations		
$UVLx = \bar{X} + 1,3 \times S$ or UVLx fixed		<input type="text" value="0,100"/>		$UVLs = 2,1 \times S$ or UVLs fixed	
$LVLx = \bar{X} - 1,3 \times S$ or LVLx fixed		<input type="text" value="-0,091"/>		<input type="text" value="0,1539"/>	
Xmax and Xmin within UVL and LVL ?		<input type="text" value="yes"/>		Is Smax within UVL ?	
		<input type="text" value="yes"/>		<input type="text" value="yes"/>	

Gráfico 4 - Apresentação do Índice de Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva

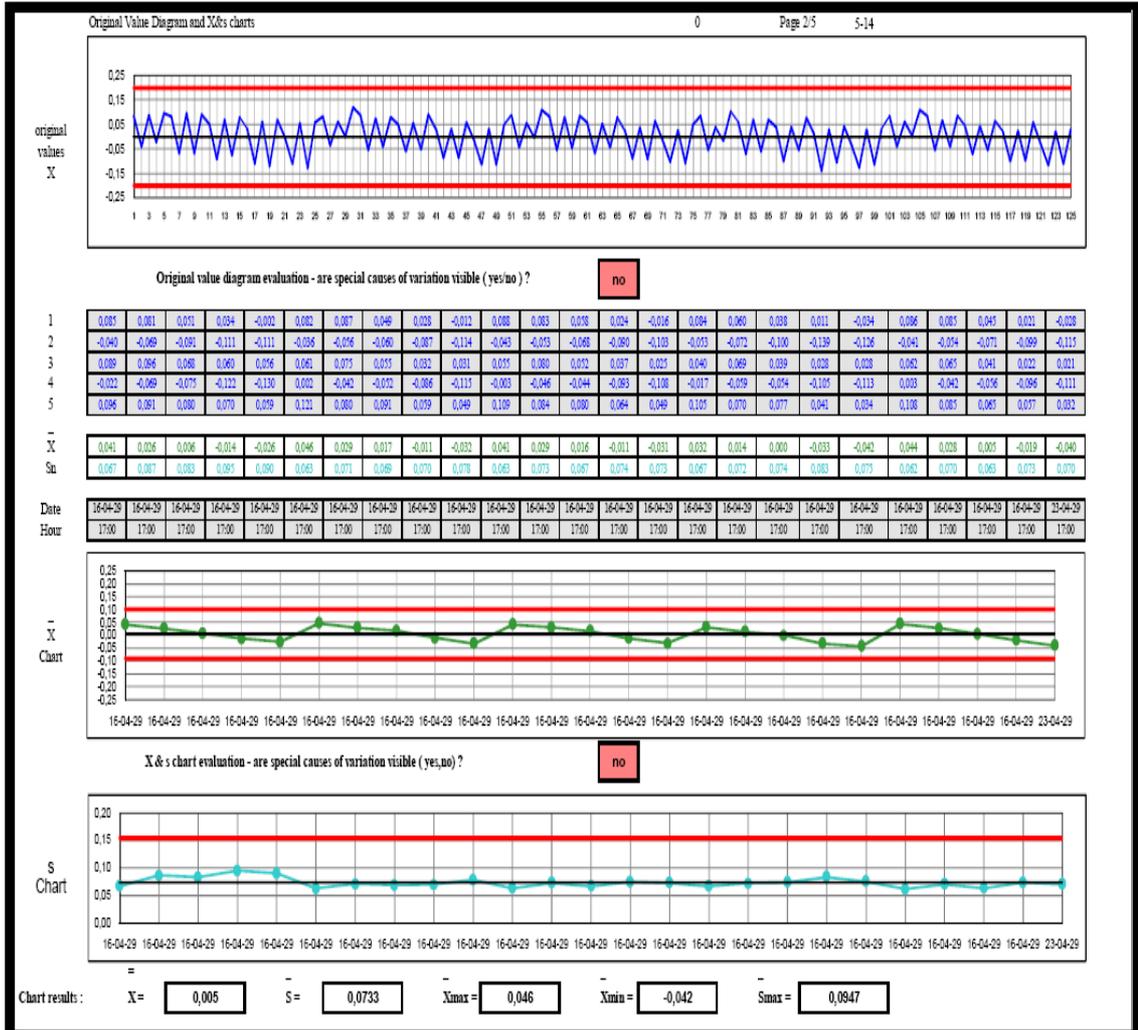


Gráfico 5 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva

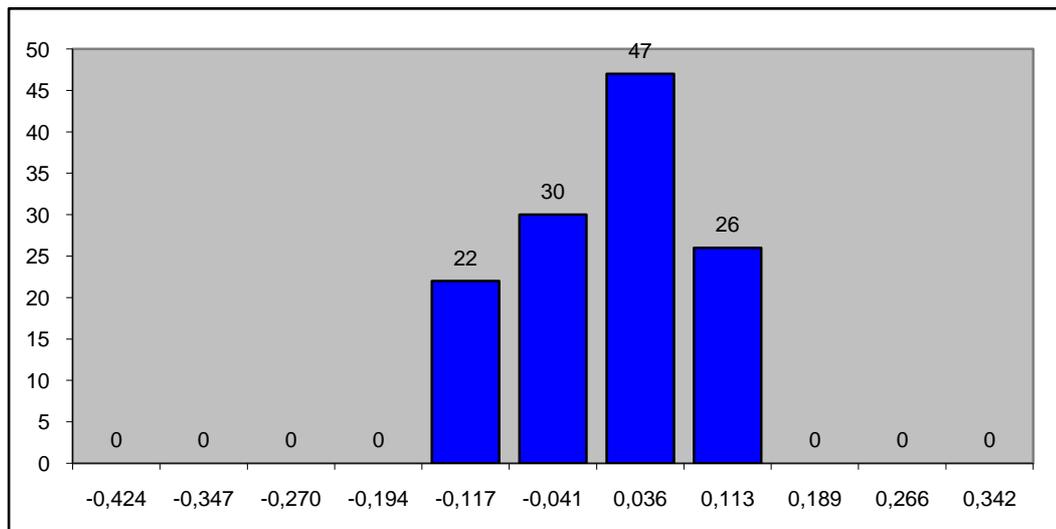


Gráfico 6 - Histograma para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva

<b>BOSCH</b>  Quality Assurance		Evaluation sheet for Machine Capability Analysis		Normal Distribution	
				Order:	
Machine Nr.: F15		Designation: TR3100		Manufacturer:	
Part: Placa de Teste		Tool: Máquina de Fresa		Year:	
Material: FR 4		Meas. instr. M. Tridimensional		Workshop: MOE 2	
Rated value: 0,000 mm		Standard:		Evaluation performed by: Luís Branco	
Tolerance ( T ): 0,400 mm		Operation: Fresar Placas		Date: 14-Mai-09	
Maximum value: 0,200 mm				Machine cycle time:	
Minimum value: -0,200 mm				Duration of random sampling:	
				Start of random sampling: o'clock	
				End of random sampling: o'clock	
<b>Comments and process &amp; ambient parameters:</b> Local: MOE 2 - Linha 8 - eixo y, Inserção manual Função: fresar contornos de placas Temperature: 22.5 °C Humidade: 52.3 %					
<b>Evaluation :</b> Motivo: Verificação Anual					
Note: Enter measured values overleaf $\bar{X} = -0,083$ $\bar{S} = 0,103$ $\bar{X}_{max} = 0,001$ $\bar{X}_{min} = -0,154$ $\bar{S}_{max} = 0,1356$					
Calculation of $\sigma$ : $\sigma = \bar{S} / a_n = 0,1097$ ( $a_n = 0,94$ for $n = 5$ )					
<b>Calculation of Cm and Cmk for normal distribution ?</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>		$C_m = \frac{T}{6 \times \sigma} = 0,61$ Not OK			
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \sigma} = 0,86$ Not OK			
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \sigma} = 0,35$ Not OK			
Note: The Lower value of Cmk is evaluated					
<b>Stability test</b> (if "NO", process unstable)					
Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations		
$UVLx = \bar{X} + 1,3 \times \bar{S}$ or UVLx fixed    0,051		$UVLs = 2,1 \times \bar{S}$ or UVLs fixed    0,2165			
$LVLx = \bar{X} - 1,3 \times \bar{S}$ or LVLx fixed    -0,217					
Xmax and Xmin within UVL and LVL ? <input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>				Is Smax within UVL ? <input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>	
Processed by computer		k:\TEFFORMULÁRIO\STEF\TEF1\FM_TEF1_013_02_CMK.XLS		BVE 15522	

Gráfico 7 - Apresentação do Índice de Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y sem Manutenção Correctiva

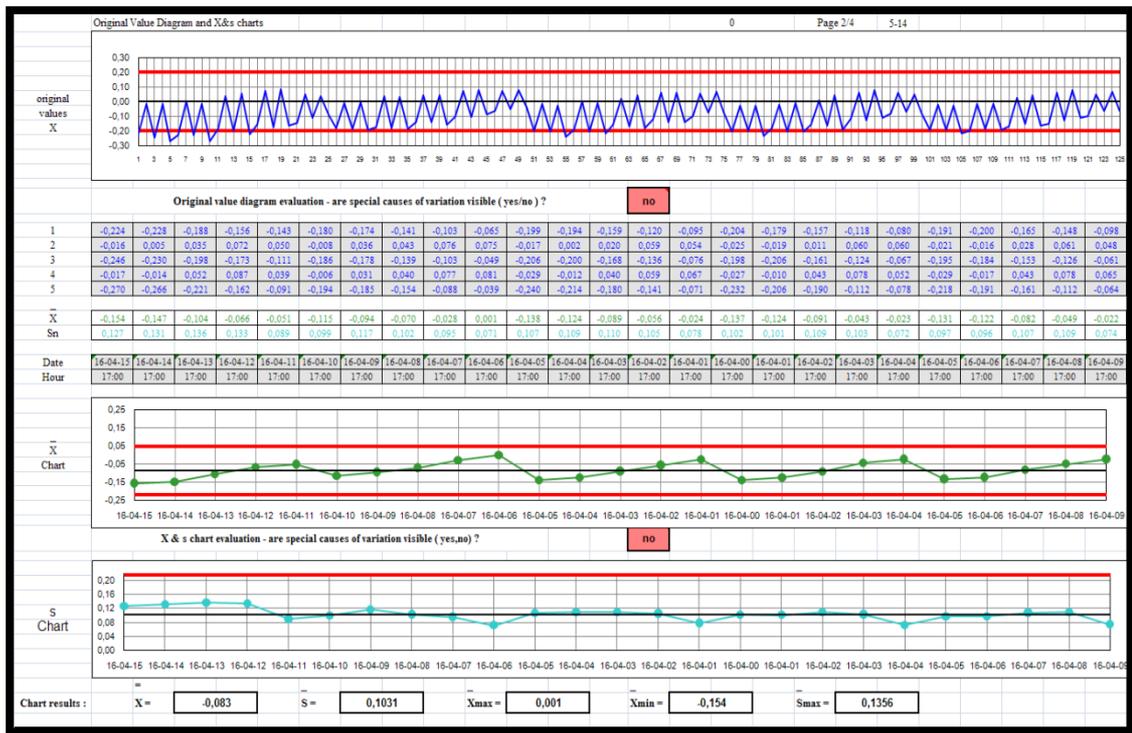


Gráfico 8 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y sem Manutenção Correctiva

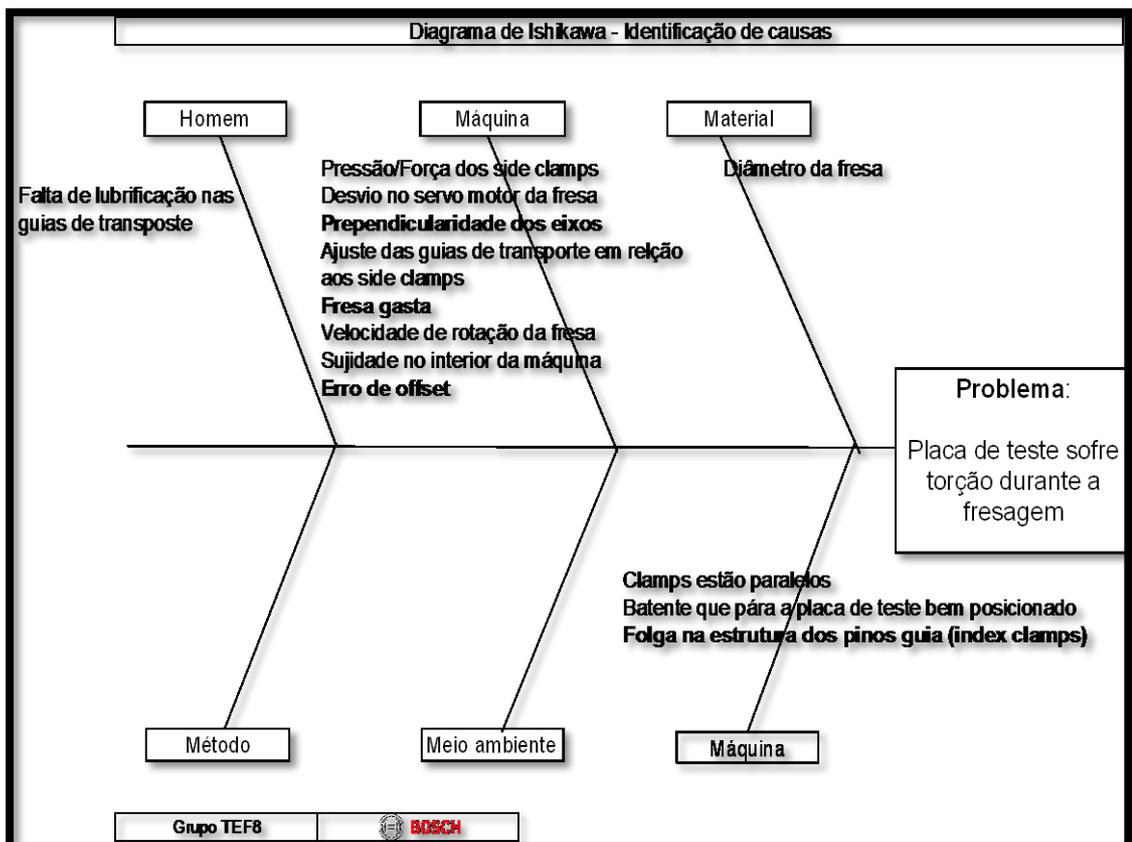


Figura 37 - Diagrama de Ishikawa para Primeira Manutenção Correctiva (Fresa)



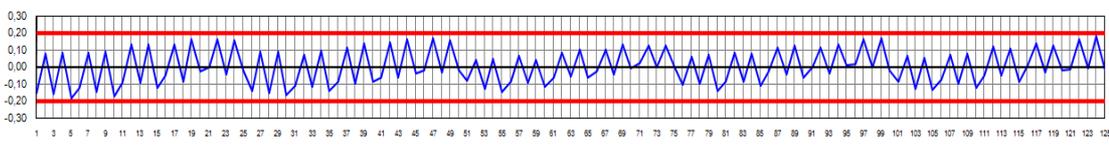
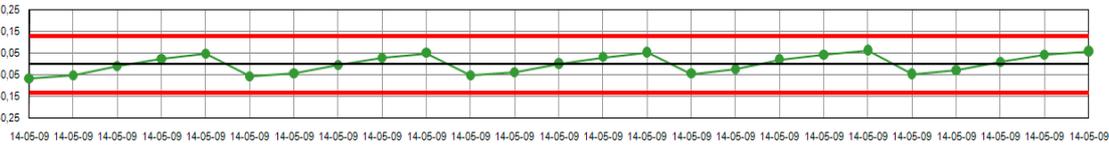
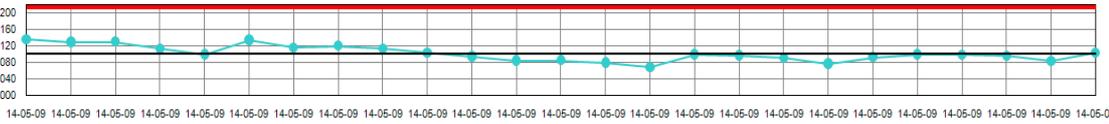
<b>BOSCH</b> 		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																																																																																																																
Quality Assurance				Order:																																																																																																																																																																																
Machine Nr.: F15		Designation: TR3100		Nr. of Sheets: 4 Sheet nr. 1																																																																																																																																																																																
Manufacturer:		Year:		Workshop: MOE 2																																																																																																																																																																																
Part:	Placa de Teste	Tool:	Máquina de Fresa	Evaluation performed by:	Luis Branco																																																																																																																																																																															
Material:	FR 4	Meas. instr.:	M. Tridimensional	Date:	20-Mai-09																																																																																																																																																																															
Rated value:	0,000 mm	Standard:		Machine cycle time:																																																																																																																																																																																
Tolerance (T):	0,400 mm	Operation:		Duration of random sampling:																																																																																																																																																																																
Maximum value:	0,200 mm	Fresar Placas		Start of random sampling:																																																																																																																																																																																
Minimum value:	-0,200 mm			End of random sampling:																																																																																																																																																																																
X = -0,001		S = 0,101		Xmax = 0,063																																																																																																																																																																																
				Xmin = -0,068																																																																																																																																																																																
				Smax = 0,1353																																																																																																																																																																																
Calculation of $\sigma$ : $\sigma = S / a_n = 0,1074$ ( $a_n = 0,94$ for $n = 5$ )																																																																																																																																																																																				
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																																																																																																				
<input checked="" type="checkbox"/> yes		$C_m = \frac{T}{6 \times \sigma} = 0,62$		Not OK																																																																																																																																																																																
		$C_{mk} = \frac{USL - X}{3 \times \sigma} = 0,62$		Not OK																																																																																																																																																																																
		$C_{mk} = \frac{X - LSL}{3 \times \sigma} = 0,62$		Not OK																																																																																																																																																																																
<b>Note: The Lower value of <math>C_{mk}</math> is evaluated</b>																																																																																																																																																																																				
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																																																	
Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																																																	
$UVLx = X + 1,3 \times S$ or $UVLx$ fixed		0,130		$UVLa = 2,1 \times S$ or $UVLa$ fixed																																																																																																																																																																																
$LVLx = X - 1,3 \times S$ or $LVLx$ fixed		-0,132		0,2120																																																																																																																																																																																
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?		yes		Is $S_{max}$ within $UVL$ ?																																																																																																																																																																																
				yes																																																																																																																																																																																
Original Value Diagram and X's charts																																																																																																																																																																																				
																																																																																																																																																																																				
Original value diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <input checked="" type="checkbox"/> no																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <tr> <td>-0,152</td><td>-0,125</td><td>-0,091</td><td>-0,054</td><td>-0,006</td><td>-0,145</td><td>-0,114</td><td>-0,090</td><td>-0,061</td><td>-0,020</td><td>-0,081</td><td>-0,087</td><td>-0,061</td><td>-0,025</td><td>0,022</td><td>-0,107</td><td>-0,085</td><td>-0,026</td><td>-0,004</td><td>0,018</td><td>-0,088</td><td>-0,075</td><td>-0,030</td><td>0,001</td><td>-0,016</td> </tr> <tr> <td>0,078</td><td>0,084</td><td>0,132</td><td>0,129</td><td>0,158</td><td>0,088</td><td>0,069</td><td>0,115</td><td>0,140</td><td>0,169</td><td>0,042</td><td>0,062</td><td>0,082</td><td>0,103</td><td>0,127</td><td>0,056</td><td>0,082</td><td>0,111</td><td>0,115</td><td>0,158</td><td>0,063</td><td>0,070</td><td>0,116</td><td>0,135</td><td>0,159</td> </tr> <tr> <td>-0,160</td><td>-0,147</td><td>-0,094</td><td>-0,086</td><td>-0,044</td><td>-0,157</td><td>-0,120</td><td>-0,097</td><td>-0,064</td><td>-0,032</td><td>-0,128</td><td>-0,093</td><td>-0,057</td><td>-0,044</td><td>-0,004</td><td>-0,100</td><td>-0,090</td><td>-0,045</td><td>-0,040</td><td>-0,005</td><td>-0,130</td><td>-0,099</td><td>-0,049</td><td>-0,034</td><td>-0,012</td> </tr> <tr> <td>0,082</td><td>0,087</td><td>0,128</td><td>0,159</td><td>0,152</td><td>0,085</td><td>0,093</td><td>0,136</td><td>0,162</td><td>0,153</td><td>0,048</td><td>0,041</td><td>0,103</td><td>0,128</td><td>0,124</td><td>0,067</td><td>0,075</td><td>0,124</td><td>0,130</td><td>0,166</td><td>0,054</td><td>0,078</td><td>0,106</td><td>0,127</td><td>0,180</td> </tr> <tr> <td>-0,186</td><td>-0,170</td><td>-0,127</td><td>-0,030</td><td>-0,022</td><td>-0,167</td><td>-0,145</td><td>-0,088</td><td>-0,037</td><td>-0,022</td><td>-0,149</td><td>-0,117</td><td>-0,064</td><td>-0,010</td><td>-0,006</td><td>-0,143</td><td>-0,111</td><td>-0,063</td><td>0,007</td><td>-0,024</td><td>-0,136</td><td>-0,126</td><td>-0,085</td><td>-0,024</td><td>-0,024</td> </tr> <tr> <td>-0,068</td><td>-0,054</td><td>-0,010</td><td>0,024</td><td>0,048</td><td>-0,059</td><td>-0,043</td><td>-0,005</td><td>0,028</td><td>0,050</td><td>-0,054</td><td>-0,039</td><td>0,001</td><td>0,030</td><td>0,053</td><td>-0,045</td><td>-0,026</td><td>0,020</td><td>0,042</td><td>0,063</td><td>-0,047</td><td>-0,030</td><td>0,008</td><td>0,041</td><td>0,057</td> </tr> <tr> <td>0,135</td><td>0,129</td><td>0,129</td><td>0,112</td><td>0,099</td><td>0,133</td><td>0,114</td><td>0,119</td><td>0,113</td><td>0,102</td><td>0,093</td><td>0,084</td><td>0,084</td><td>0,079</td><td>0,067</td><td>0,099</td><td>0,096</td><td>0,090</td><td>0,076</td><td>0,092</td><td>0,098</td><td>0,097</td><td>0,096</td><td>0,083</td><td>0,103</td> </tr> </table>						-0,152	-0,125	-0,091	-0,054	-0,006	-0,145	-0,114	-0,090	-0,061	-0,020	-0,081	-0,087	-0,061	-0,025	0,022	-0,107	-0,085	-0,026	-0,004	0,018	-0,088	-0,075	-0,030	0,001	-0,016	0,078	0,084	0,132	0,129	0,158	0,088	0,069	0,115	0,140	0,169	0,042	0,062	0,082	0,103	0,127	0,056	0,082	0,111	0,115	0,158	0,063	0,070	0,116	0,135	0,159	-0,160	-0,147	-0,094	-0,086	-0,044	-0,157	-0,120	-0,097	-0,064	-0,032	-0,128	-0,093	-0,057	-0,044	-0,004	-0,100	-0,090	-0,045	-0,040	-0,005	-0,130	-0,099	-0,049	-0,034	-0,012	0,082	0,087	0,128	0,159	0,152	0,085	0,093	0,136	0,162	0,153	0,048	0,041	0,103	0,128	0,124	0,067	0,075	0,124	0,130	0,166	0,054	0,078	0,106	0,127	0,180	-0,186	-0,170	-0,127	-0,030	-0,022	-0,167	-0,145	-0,088	-0,037	-0,022	-0,149	-0,117	-0,064	-0,010	-0,006	-0,143	-0,111	-0,063	0,007	-0,024	-0,136	-0,126	-0,085	-0,024	-0,024	-0,068	-0,054	-0,010	0,024	0,048	-0,059	-0,043	-0,005	0,028	0,050	-0,054	-0,039	0,001	0,030	0,053	-0,045	-0,026	0,020	0,042	0,063	-0,047	-0,030	0,008	0,041	0,057	0,135	0,129	0,129	0,112	0,099	0,133	0,114	0,119	0,113	0,102	0,093	0,084	0,084	0,079	0,067	0,099	0,096	0,090	0,076	0,092	0,098	0,097	0,096	0,083	0,103
-0,152	-0,125	-0,091	-0,054	-0,006	-0,145	-0,114	-0,090	-0,061	-0,020	-0,081	-0,087	-0,061	-0,025	0,022	-0,107	-0,085	-0,026	-0,004	0,018	-0,088	-0,075	-0,030	0,001	-0,016																																																																																																																																																												
0,078	0,084	0,132	0,129	0,158	0,088	0,069	0,115	0,140	0,169	0,042	0,062	0,082	0,103	0,127	0,056	0,082	0,111	0,115	0,158	0,063	0,070	0,116	0,135	0,159																																																																																																																																																												
-0,160	-0,147	-0,094	-0,086	-0,044	-0,157	-0,120	-0,097	-0,064	-0,032	-0,128	-0,093	-0,057	-0,044	-0,004	-0,100	-0,090	-0,045	-0,040	-0,005	-0,130	-0,099	-0,049	-0,034	-0,012																																																																																																																																																												
0,082	0,087	0,128	0,159	0,152	0,085	0,093	0,136	0,162	0,153	0,048	0,041	0,103	0,128	0,124	0,067	0,075	0,124	0,130	0,166	0,054	0,078	0,106	0,127	0,180																																																																																																																																																												
-0,186	-0,170	-0,127	-0,030	-0,022	-0,167	-0,145	-0,088	-0,037	-0,022	-0,149	-0,117	-0,064	-0,010	-0,006	-0,143	-0,111	-0,063	0,007	-0,024	-0,136	-0,126	-0,085	-0,024	-0,024																																																																																																																																																												
-0,068	-0,054	-0,010	0,024	0,048	-0,059	-0,043	-0,005	0,028	0,050	-0,054	-0,039	0,001	0,030	0,053	-0,045	-0,026	0,020	0,042	0,063	-0,047	-0,030	0,008	0,041	0,057																																																																																																																																																												
0,135	0,129	0,129	0,112	0,099	0,133	0,114	0,119	0,113	0,102	0,093	0,084	0,084	0,079	0,067	0,099	0,096	0,090	0,076	0,092	0,098	0,097	0,096	0,083	0,103																																																																																																																																																												
																																																																																																																																																																																				
X-bar chart evaluation - are special causes of variation visible (yes,no) ? <input checked="" type="checkbox"/> no																																																																																																																																																																																				
																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <tr> <td>X =</td> <td>-0,001</td> <td>S =</td> <td>0,1009</td> <td>Xmax =</td> <td>0,063</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Xmin =</td> <td>-0,068</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Smax =</td> <td>0,1353</td> </tr> </table>						X =	-0,001	S =	0,1009	Xmax =	0,063					Xmin =	-0,068					Smax =	0,1353																																																																																																																																																													
X =	-0,001	S =	0,1009	Xmax =	0,063																																																																																																																																																																															
				Xmin =	-0,068																																																																																																																																																																															
				Smax =	0,1353																																																																																																																																																																															

Gráfico 10 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y após Primeira Manutenção Correctiva

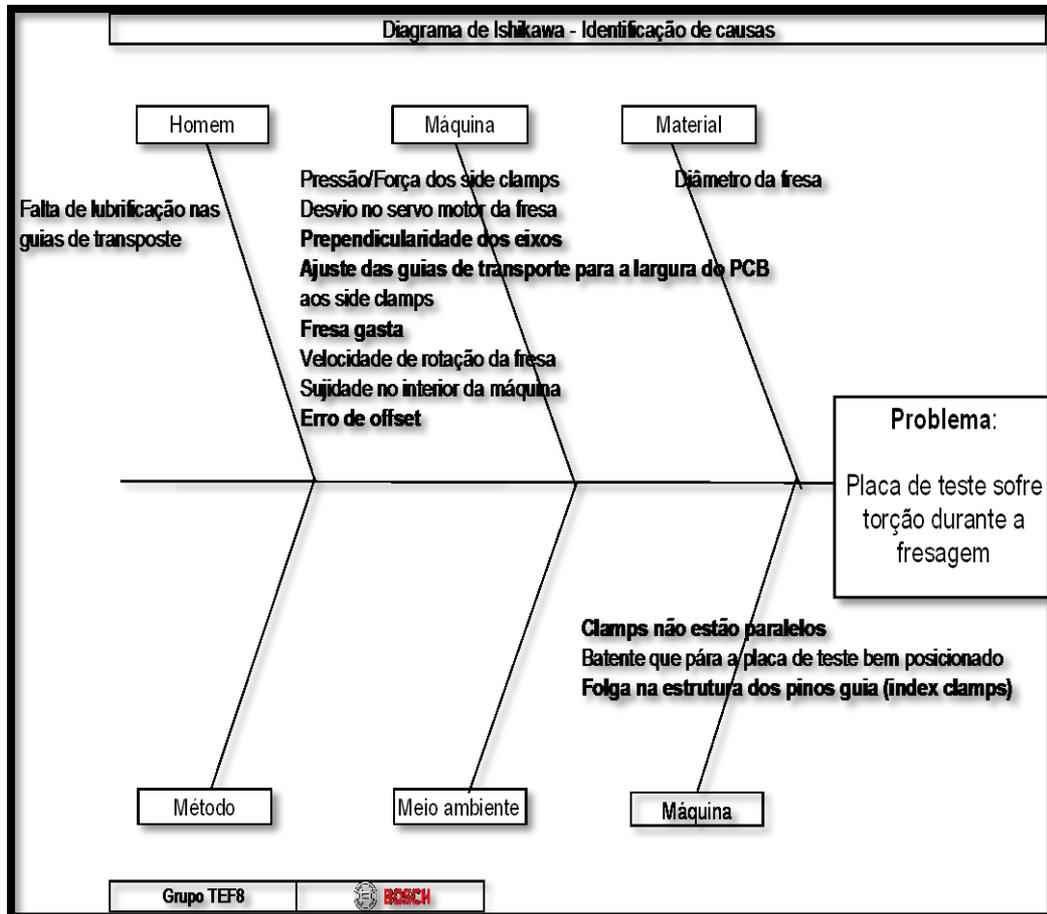


Figura 38 - Diagrama de Ishikawa para Segunda Manutenção Correctiva (Fresa)

Implementação de métodos standardizados para avaliação da capacidade de máquinas através de Cartas de Controlo

<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																																																																																																																
Machine Nr.: F15		Designation: TR5200		Order: _____																																																																																																																																																																																
Manufacturer: _____		Year: _____		Nr. of Sheets: 4 Sheet nr. 1																																																																																																																																																																																
Part: Placa de Teste		Tool: Máquina de Fresa		Workshop: MOE 2																																																																																																																																																																																
Material: FR 4		Meas. instr.: M. Tridimensional		Evaluation performed by: Luis Branco																																																																																																																																																																																
Rated value: 0,000 mm		Standard: _____		Date: 20-Mai-09																																																																																																																																																																																
Tolerance (T): 0,400 mm		Operation: Fresar Placas		Machine cycle time: _____																																																																																																																																																																																
Maximum value: 0,200 mm		Duration of random sampling: _____		Start of random sampling: _____ o'clock																																																																																																																																																																																
Minimum value: -0,200 mm		End of random sampling: _____		End of random sampling: _____ o'clock																																																																																																																																																																																
$\bar{X} = 0,041$		$S = 0,035$		$X_{max} = 0,070$																																																																																																																																																																																
$X_{min} = 0,021$		$S_{max} = 0,0462$																																																																																																																																																																																		
Calculation of $\sigma$ : $\sigma = S / a_n = 0,0377$ ( $a_n = 0.94$ for $n = 5$ )																																																																																																																																																																																				
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																																																																																																				
yes		$C_m = \frac{T}{6 \times \sigma} = 1,77$ OK																																																																																																																																																																																		
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \sigma} = 1,41$ Not OK																																																																																																																																																																																		
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \sigma} = 2,13$ OK																																																																																																																																																																																		
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																																																																																																																																																																																				
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																																																	
Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																																																	
$UVLx = \bar{X} + 1.3 \times S$ or $UVLx$ fixed		0,087		$UVLs = 2.1 \times S$ or $UVLs$ fixed																																																																																																																																																																																
$LVLx = \bar{X} - 1.3 \times S$ or $LVLx$ fixed		-0,005		0,0744																																																																																																																																																																																
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?		yes		Is $S_{max}$ within $UVL$ ?																																																																																																																																																																																
		yes		yes																																																																																																																																																																																
Original Value Diagram and $\bar{X}$ 's charts																																																																																																																																																																																				
Original value diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>no</b>																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <tr><td>0,037</td><td>0,050</td><td>0,054</td><td>0,055</td><td>0,063</td><td>0,049</td><td>0,061</td><td>0,066</td><td>0,059</td><td>0,062</td><td>0,052</td><td>0,090</td><td>0,063</td><td>0,084</td><td>0,080</td><td>0,058</td><td>0,062</td><td>0,057</td><td>0,064</td><td>0,071</td><td>0,065</td><td>0,055</td><td>0,058</td><td>0,056</td><td>0,060</td></tr> <tr><td>-0,015</td><td>-0,011</td><td>-0,008</td><td>-0,007</td><td>-0,027</td><td>0,007</td><td>0,001</td><td>0,005</td><td>-0,009</td><td>0,014</td><td>-0,015</td><td>-0,005</td><td>0,033</td><td>0,007</td><td>0,032</td><td>-0,009</td><td>-0,006</td><td>0,018</td><td>-0,009</td><td>0,022</td><td>-0,007</td><td>-0,011</td><td>-0,004</td><td>-0,008</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>0,038</td><td>0,048</td><td>0,049</td><td>0,053</td><td>0,077</td><td>0,053</td><td>0,064</td><td>0,063</td><td>0,067</td><td>0,080</td><td>0,040</td><td>0,062</td><td>0,066</td><td>0,070</td><td>0,096</td><td>0,024</td><td>0,077</td><td>0,065</td><td>0,046</td><td>0,077</td><td>0,045</td><td>0,061</td><td>0,060</td><td>0,068</td><td>0,075</td></tr> <tr><td>-0,007</td><td>-0,004</td><td>0,009</td><td>-0,003</td><td>0,023</td><td>0,008</td><td>0,008</td><td>0,010</td><td>-0,006</td><td>0,020</td><td>-0,009</td><td>-0,014</td><td>0,012</td><td>-0,004</td><td>0,033</td><td>0,002</td><td>0,001</td><td>0,006</td><td>0,016</td><td>0,014</td><td>-0,007</td><td>-0,005</td><td>0,003</td><td>-0,012</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>0,054</td><td>0,058</td><td>0,080</td><td>0,091</td><td>0,101</td><td>0,071</td><td>0,073</td><td>0,072</td><td>0,081</td><td>0,084</td><td>0,057</td><td>0,067</td><td>0,073</td><td>0,096</td><td>0,108</td><td>0,061</td><td>0,060</td><td>0,069</td><td>0,075</td><td>0,087</td><td>0,064</td><td>0,070</td><td>0,068</td><td>0,071</td><td>0,090</td></tr> <tr><td>0,021</td><td>0,028</td><td>0,037</td><td>0,038</td><td>0,058</td><td>0,037</td><td>0,041</td><td>0,042</td><td>0,038</td><td>0,052</td><td>0,025</td><td>0,040</td><td>0,049</td><td>0,050</td><td>0,070</td><td>0,027</td><td>0,039</td><td>0,043</td><td>0,038</td><td>0,054</td><td>0,032</td><td>0,034</td><td>0,037</td><td>0,035</td><td>0,049</td></tr> <tr><td>0,030</td><td>0,033</td><td>0,036</td><td>0,042</td><td>0,033</td><td>0,029</td><td>0,034</td><td>0,033</td><td>0,042</td><td>0,033</td><td>0,034</td><td>0,046</td><td>0,026</td><td>0,046</td><td>0,036</td><td>0,032</td><td>0,038</td><td>0,029</td><td>0,034</td><td>0,034</td><td>0,036</td><td>0,039</td><td>0,034</td><td>0,041</td><td>0,036</td></tr> </table>						0,037	0,050	0,054	0,055	0,063	0,049	0,061	0,066	0,059	0,062	0,052	0,090	0,063	0,084	0,080	0,058	0,062	0,057	0,064	0,071	0,065	0,055	0,058	0,056	0,060	-0,015	-0,011	-0,008	-0,007	-0,027	0,007	0,001	0,005	-0,009	0,014	-0,015	-0,005	0,033	0,007	0,032	-0,009	-0,006	0,018	-0,009	0,022	-0,007	-0,011	-0,004	-0,008	0,012	0,038	0,048	0,049	0,053	0,077	0,053	0,064	0,063	0,067	0,080	0,040	0,062	0,066	0,070	0,096	0,024	0,077	0,065	0,046	0,077	0,045	0,061	0,060	0,068	0,075	-0,007	-0,004	0,009	-0,003	0,023	0,008	0,008	0,010	-0,006	0,020	-0,009	-0,014	0,012	-0,004	0,033	0,002	0,001	0,006	0,016	0,014	-0,007	-0,005	0,003	-0,012	0,011	0,054	0,058	0,080	0,091	0,101	0,071	0,073	0,072	0,081	0,084	0,057	0,067	0,073	0,096	0,108	0,061	0,060	0,069	0,075	0,087	0,064	0,070	0,068	0,071	0,090	0,021	0,028	0,037	0,038	0,058	0,037	0,041	0,042	0,038	0,052	0,025	0,040	0,049	0,050	0,070	0,027	0,039	0,043	0,038	0,054	0,032	0,034	0,037	0,035	0,049	0,030	0,033	0,036	0,042	0,033	0,029	0,034	0,033	0,042	0,033	0,034	0,046	0,026	0,046	0,036	0,032	0,038	0,029	0,034	0,034	0,036	0,039	0,034	0,041	0,036
0,037	0,050	0,054	0,055	0,063	0,049	0,061	0,066	0,059	0,062	0,052	0,090	0,063	0,084	0,080	0,058	0,062	0,057	0,064	0,071	0,065	0,055	0,058	0,056	0,060																																																																																																																																																												
-0,015	-0,011	-0,008	-0,007	-0,027	0,007	0,001	0,005	-0,009	0,014	-0,015	-0,005	0,033	0,007	0,032	-0,009	-0,006	0,018	-0,009	0,022	-0,007	-0,011	-0,004	-0,008	0,012																																																																																																																																																												
0,038	0,048	0,049	0,053	0,077	0,053	0,064	0,063	0,067	0,080	0,040	0,062	0,066	0,070	0,096	0,024	0,077	0,065	0,046	0,077	0,045	0,061	0,060	0,068	0,075																																																																																																																																																												
-0,007	-0,004	0,009	-0,003	0,023	0,008	0,008	0,010	-0,006	0,020	-0,009	-0,014	0,012	-0,004	0,033	0,002	0,001	0,006	0,016	0,014	-0,007	-0,005	0,003	-0,012	0,011																																																																																																																																																												
0,054	0,058	0,080	0,091	0,101	0,071	0,073	0,072	0,081	0,084	0,057	0,067	0,073	0,096	0,108	0,061	0,060	0,069	0,075	0,087	0,064	0,070	0,068	0,071	0,090																																																																																																																																																												
0,021	0,028	0,037	0,038	0,058	0,037	0,041	0,042	0,038	0,052	0,025	0,040	0,049	0,050	0,070	0,027	0,039	0,043	0,038	0,054	0,032	0,034	0,037	0,035	0,049																																																																																																																																																												
0,030	0,033	0,036	0,042	0,033	0,029	0,034	0,033	0,042	0,033	0,034	0,046	0,026	0,046	0,036	0,032	0,038	0,029	0,034	0,034	0,036	0,039	0,034	0,041	0,036																																																																																																																																																												
X & s chart evaluation - are special causes of variation visible (yes,no) ? <b>no</b>																																																																																																																																																																																				
$\bar{X} = 0,041$ $S = 0,0354$ $X_{max} = 0,070$ $X_{min} = 0,021$ $S_{max} = 0,0462$																																																																																																																																																																																				

Gráfico 11 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x após Segunda Manutenção Correctiva

Implementação de métodos standardizados para avaliação da capacidade de máquinas através de Cartas de Controlo

<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>			<b>Normal Distribution</b>																																																																																																																																																																																
Machine Nr.: <b>F15</b>		Designation: <b>TR3100</b>		Manufacturer:		Order:																																																																																																																																																																															
Part: <b>Placa de Teste</b>		Tool: <b>Máquina de Fresa</b>		Year:		Nr. of Sheets: <b>4</b> Sheet nr. <b>1</b>																																																																																																																																																																															
Material: <b>FR 4</b>		Meas. instr.: <b>M. Tridimensional</b>		Workshop: <b>MOE 2</b>																																																																																																																																																																																	
Rated value: <b>0,000</b> mm		Standard:		Evaluation performed by: <b>Luis Branco</b>																																																																																																																																																																																	
Tolerance (T): <b>0,400</b> mm		Operation: <b>Fresar Placas</b>		Date: <b>20-Mai-09</b>																																																																																																																																																																																	
Maximum value: <b>0,200</b> mm		Fresar Placas		Machine cycle time:																																																																																																																																																																																	
Minimum value: <b>-0,200</b> mm				Duration of random sampling:																																																																																																																																																																																	
				Start of random sampling:		<b>o'clock</b>																																																																																																																																																																															
				End of random sampling:		<b>o'clock</b>																																																																																																																																																																															
$\bar{X} =$ <b>0,058</b>		$S =$ <b>0,052</b>		$X_{max} =$ <b>0,136</b>		$X_{min} =$ <b>-0,034</b>																																																																																																																																																																															
		$S_{max} =$ <b>0,0731</b>																																																																																																																																																																																			
Calculation of $\sigma$ : $\sigma = S / a_n =$ <b>0,0550</b> ( $a_n = 0,94$ for $n = 5$ )																																																																																																																																																																																					
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																																																																																																					
<b>no</b>		$C_m = \frac{T}{6 \times \sigma} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																																																																																																																			
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \sigma} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																																																																																																																			
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \sigma} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																																																																																																																			
<b>Note: The Lower value of <math>C_{mk}</math> is evaluated</b>																																																																																																																																																																																					
Stability test (if "NO", process unstable) Stability limit for mean values				Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																																																	
$UVLx = \bar{X} + 1,3 \times S$ or $UVLx$ fixed		<b>0,126</b>		$UVLs = 2,1 \times S$ or $UVLs$ fixed		<b>0,1087</b>																																																																																																																																																																															
$LVLx = \bar{X} - 1,3 \times S$ or $LVLx$ fixed		<b>-0,009</b>		Is $S_{max}$ within UVL ?		<b>yes</b>																																																																																																																																																																															
$X_{max}$ and $X_{min}$ within UVL and LVL ?		<b>no</b>																																																																																																																																																																																			
Original Value Diagram and X's charts																																																																																																																																																																																					
Original value diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>no</b>																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td>-0,025</td><td>0,036</td><td>0,080</td><td>0,101</td><td>0,135</td><td>0,044</td><td>0,038</td><td>0,106</td><td>0,128</td><td>0,137</td><td>0,004</td><td>-0,022</td><td>0,074</td><td>0,074</td><td>0,092</td><td>0,040</td><td>0,046</td><td>-0,104</td><td>0,108</td><td>0,140</td><td>0,041</td><td>0,084</td><td>0,105</td><td>0,101</td><td>0,156</td> </tr> <tr> <td>-0,061</td><td>0,081</td><td>0,106</td><td>0,140</td><td>0,137</td><td>0,085</td><td>0,091</td><td>0,138</td><td>0,170</td><td>0,161</td><td>0,051</td><td>-0,035</td><td>0,105</td><td>0,146</td><td>0,138</td><td>0,079</td><td>0,098</td><td>0,133</td><td>0,169</td><td>0,147</td><td>0,092</td><td>0,107</td><td>0,160</td><td>0,182</td><td>0,161</td> </tr> <tr> <td>-0,033</td><td>0,001</td><td>0,019</td><td>0,044</td><td>0,099</td><td>0,005</td><td>0,034</td><td>0,050</td><td>0,084</td><td>0,139</td><td>-0,060</td><td>-0,030</td><td>-0,019</td><td>0,030</td><td>0,071</td><td>-0,016</td><td>0,001</td><td>0,022</td><td>0,070</td><td>0,109</td><td>-0,017</td><td>-0,001</td><td>0,044</td><td>0,076</td><td>0,135</td> </tr> <tr> <td>-0,007</td><td>0,026</td><td>0,079</td><td>0,086</td><td>0,092</td><td>0,042</td><td>0,072</td><td>0,104</td><td>0,113</td><td>0,128</td><td>-0,021</td><td>-0,021</td><td>0,034</td><td>0,063</td><td>0,070</td><td>0,013</td><td>0,055</td><td>0,090</td><td>0,093</td><td>0,115</td><td>0,029</td><td>0,065</td><td>0,093</td><td>0,132</td><td>0,134</td> </tr> <tr> <td>-0,114</td><td>-0,079</td><td>0,003</td><td>0,005</td><td>0,034</td><td>-0,064</td><td>-0,030</td><td>0,043</td><td>0,015</td><td>0,099</td><td>-0,143</td><td>-0,107</td><td>-0,027</td><td>-0,029</td><td>0,024</td><td>-0,100</td><td>-0,052</td><td>-0,016</td><td>0,017</td><td>0,076</td><td>-0,060</td><td>-0,028</td><td>0,035</td><td>0,043</td><td>0,096</td> </tr> <tr> <td>-0,014</td><td>0,013</td><td>0,037</td><td>0,075</td><td>0,103</td><td>0,022</td><td>0,045</td><td>0,088</td><td>0,102</td><td>0,136</td><td>-0,034</td><td>-0,008</td><td>0,037</td><td>0,037</td><td>0,079</td><td>0,003</td><td>0,029</td><td>0,067</td><td>0,091</td><td>0,117</td><td>0,017</td><td>0,046</td><td>0,087</td><td>0,107</td><td>0,136</td> </tr> <tr> <td>0,046</td><td>0,039</td><td>0,044</td><td>0,052</td><td>0,034</td><td>0,056</td><td>0,046</td><td>0,040</td><td>0,038</td><td>0,023</td><td>0,075</td><td>0,063</td><td>0,038</td><td>0,064</td><td>0,041</td><td>0,067</td><td>0,057</td><td>0,061</td><td>0,056</td><td>0,028</td><td>0,038</td><td>0,037</td><td>0,050</td><td>0,033</td><td>0,026</td> </tr> </table>							-0,025	0,036	0,080	0,101	0,135	0,044	0,038	0,106	0,128	0,137	0,004	-0,022	0,074	0,074	0,092	0,040	0,046	-0,104	0,108	0,140	0,041	0,084	0,105	0,101	0,156	-0,061	0,081	0,106	0,140	0,137	0,085	0,091	0,138	0,170	0,161	0,051	-0,035	0,105	0,146	0,138	0,079	0,098	0,133	0,169	0,147	0,092	0,107	0,160	0,182	0,161	-0,033	0,001	0,019	0,044	0,099	0,005	0,034	0,050	0,084	0,139	-0,060	-0,030	-0,019	0,030	0,071	-0,016	0,001	0,022	0,070	0,109	-0,017	-0,001	0,044	0,076	0,135	-0,007	0,026	0,079	0,086	0,092	0,042	0,072	0,104	0,113	0,128	-0,021	-0,021	0,034	0,063	0,070	0,013	0,055	0,090	0,093	0,115	0,029	0,065	0,093	0,132	0,134	-0,114	-0,079	0,003	0,005	0,034	-0,064	-0,030	0,043	0,015	0,099	-0,143	-0,107	-0,027	-0,029	0,024	-0,100	-0,052	-0,016	0,017	0,076	-0,060	-0,028	0,035	0,043	0,096	-0,014	0,013	0,037	0,075	0,103	0,022	0,045	0,088	0,102	0,136	-0,034	-0,008	0,037	0,037	0,079	0,003	0,029	0,067	0,091	0,117	0,017	0,046	0,087	0,107	0,136	0,046	0,039	0,044	0,052	0,034	0,056	0,046	0,040	0,038	0,023	0,075	0,063	0,038	0,064	0,041	0,067	0,057	0,061	0,056	0,028	0,038	0,037	0,050	0,033	0,026
-0,025	0,036	0,080	0,101	0,135	0,044	0,038	0,106	0,128	0,137	0,004	-0,022	0,074	0,074	0,092	0,040	0,046	-0,104	0,108	0,140	0,041	0,084	0,105	0,101	0,156																																																																																																																																																													
-0,061	0,081	0,106	0,140	0,137	0,085	0,091	0,138	0,170	0,161	0,051	-0,035	0,105	0,146	0,138	0,079	0,098	0,133	0,169	0,147	0,092	0,107	0,160	0,182	0,161																																																																																																																																																													
-0,033	0,001	0,019	0,044	0,099	0,005	0,034	0,050	0,084	0,139	-0,060	-0,030	-0,019	0,030	0,071	-0,016	0,001	0,022	0,070	0,109	-0,017	-0,001	0,044	0,076	0,135																																																																																																																																																													
-0,007	0,026	0,079	0,086	0,092	0,042	0,072	0,104	0,113	0,128	-0,021	-0,021	0,034	0,063	0,070	0,013	0,055	0,090	0,093	0,115	0,029	0,065	0,093	0,132	0,134																																																																																																																																																													
-0,114	-0,079	0,003	0,005	0,034	-0,064	-0,030	0,043	0,015	0,099	-0,143	-0,107	-0,027	-0,029	0,024	-0,100	-0,052	-0,016	0,017	0,076	-0,060	-0,028	0,035	0,043	0,096																																																																																																																																																													
-0,014	0,013	0,037	0,075	0,103	0,022	0,045	0,088	0,102	0,136	-0,034	-0,008	0,037	0,037	0,079	0,003	0,029	0,067	0,091	0,117	0,017	0,046	0,087	0,107	0,136																																																																																																																																																													
0,046	0,039	0,044	0,052	0,034	0,056	0,046	0,040	0,038	0,023	0,075	0,063	0,038	0,064	0,041	0,067	0,057	0,061	0,056	0,028	0,038	0,037	0,050	0,033	0,026																																																																																																																																																													
X-bar chart evaluation - are special causes of variation visible (yes,no) ? <b>no</b>																																																																																																																																																																																					
$\bar{X} =$ <b>0,058</b>		$S =$ <b>0,0517</b>		$X_{max} =$ <b>0,136</b>		$X_{min} =$ <b>-0,034</b>																																																																																																																																																																															
						$S_{max} =$ <b>0,0731</b>																																																																																																																																																																															

Gráfico 12 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y após Segunda Manutenção Correctiva

Laser

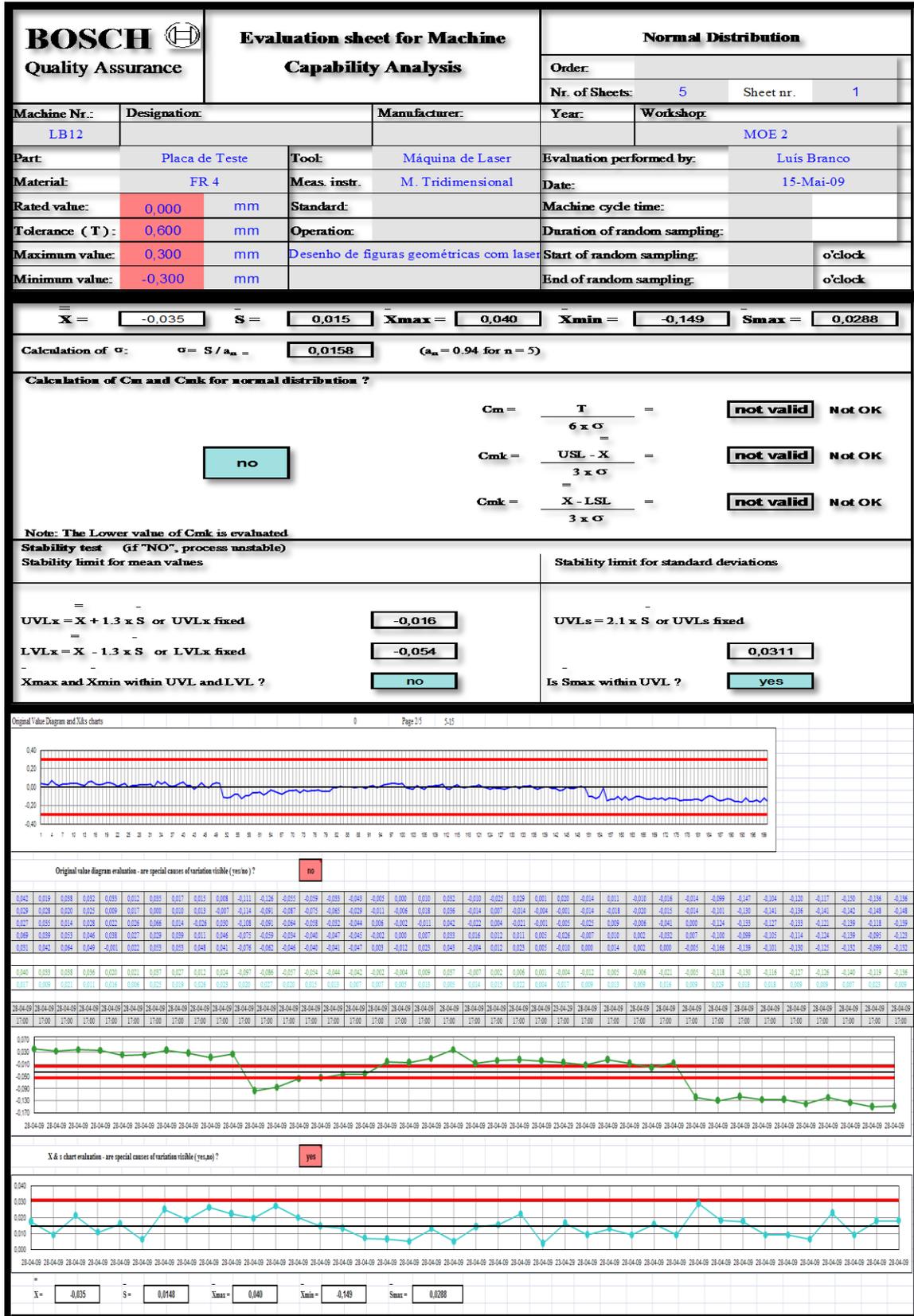


Gráfico 13 - Carta de Controlo tipo x s para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x sem Manutenção Correctiva



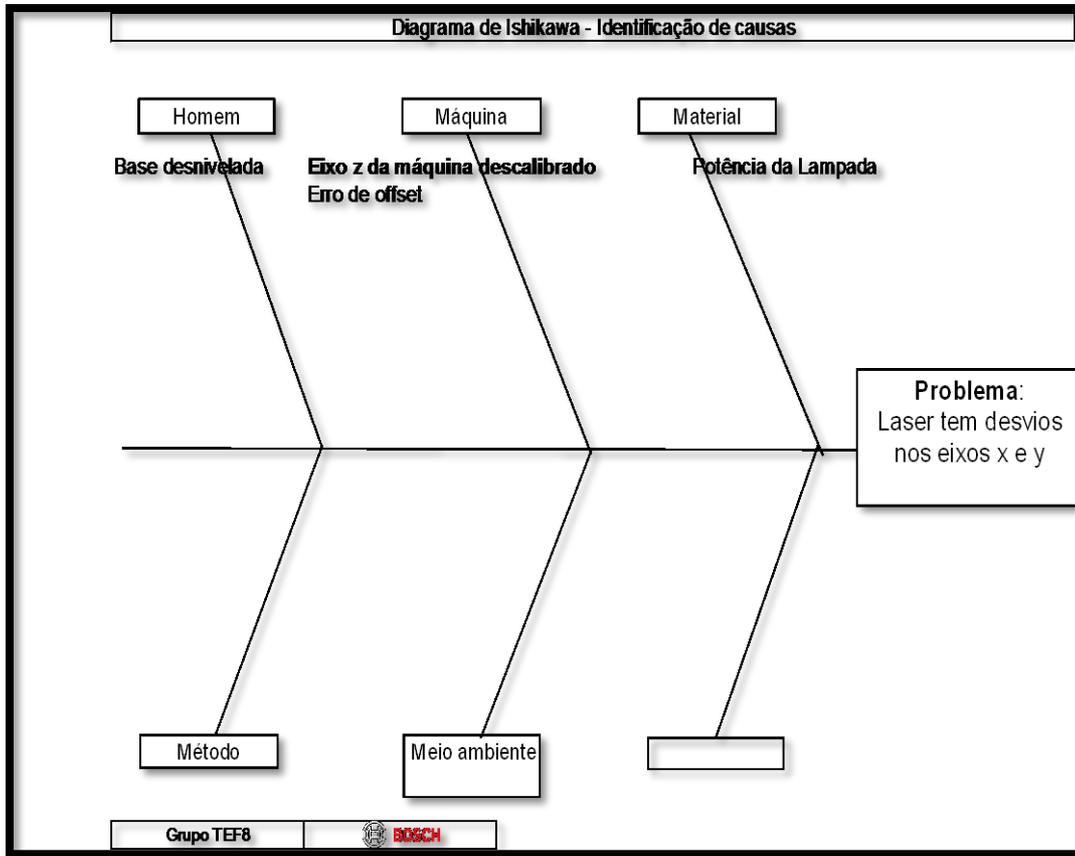


Figura 39 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva (Laser)

Soldadura por Onda

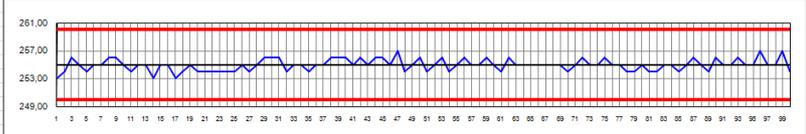
<b>BOSCH</b> 		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																																																																																										
Machine Nr.: <b>S15</b>		Designation: <b>Máquina de Soldadura por Onda</b>		Order: _____																																																																																																																																																										
Manufacturer: <b>EPM</b>		Year: <b>2008</b>		Nr. of Sheets: <b>4</b> Sheet nr. <b>1</b>																																																																																																																																																										
Workshop: <b>MOE 2</b>		Part: _____		Tool: _____																																																																																																																																																										
Material: _____		Meas. instr.: <b>Fluk 52</b>		Evaluation performed by: <b>Joana Marques</b>																																																																																																																																																										
Rated value: <b>255,000</b> °C		Standard: _____		Date: <b>29.07.08</b>																																																																																																																																																										
Tolerance (T): <b>10,000</b> °C		Operation: _____		Machine cycle time: _____																																																																																																																																																										
Maximum value: <b>260,000</b> °C		Verificar temperatura do banho de solda		Duration of random sampling: _____																																																																																																																																																										
Minimum value: <b>250,000</b> °C		Start of random sampling: _____		o'clock																																																																																																																																																										
End of random sampling: _____		o'clock																																																																																																																																																												
<b>X = 254,970</b>		<b>S = 0,707</b>		<b>Xmax = 255,600</b>																																																																																																																																																										
				<b>Xmin = 254,000</b>																																																																																																																																																										
				<b>Smax = 1,3416</b>																																																																																																																																																										
Calculation of $\delta$ : $\delta = S / a_n = 0,7519$ ( $a_n = 0,94$ for $n = 5$ )																																																																																																																																																														
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																																																																														
<b>yes</b>		$C_m = \frac{T}{6 \times \delta} = 2,22$ <b>OK</b>																																																																																																																																																												
		$C_{mk} = \frac{USL - X}{3 \times \delta} = 2,23$ <b>OK</b>																																																																																																																																																												
		$C_{mk} = \frac{X - LSL}{3 \times \delta} = 2,20$ <b>OK</b>																																																																																																																																																												
<b>Note: The Lower value of <math>C_{mk}</math> is evaluated</b>																																																																																																																																																														
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																											
Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																											
$UVLx = X + 1.3 \times S$ or <b>UVLx fixed 260,000</b>		$LVLx = X - 1.3 \times S$ or <b>LVLx fixed 250,000</b>		$UVLs = 2.1 \times S$ or <b>UVLs fixed 3,0000</b>																																																																																																																																																										
<b>Xmax and Xmin within UVL and LVL ?</b> <b>yes</b>				<b>Is Smax within UVL ?</b> <b>yes</b>																																																																																																																																																										
Original Value Diagram and $\bar{X}$ s charts																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																														
Original value diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b>																																																																																																																																																														
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>253,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>257,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>257,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td></tr> <tr><td>3</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td></tr> <tr><td>4</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>257,000</td></tr> <tr><td>5</td><td>254,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td><td>256,000</td><td>255,000</td><td>255,000</td><td>254,000</td></tr> <tr><td><math>\bar{X}</math></td><td>254,400</td><td>255,400</td><td>254,400</td><td>254,200</td><td>254,000</td><td>255,200</td><td>254,800</td><td>255,600</td><td>255,600</td><td>255,400</td><td>254,800</td><td>255,400</td><td>255,000</td><td>254,800</td><td>255,400</td><td>254,600</td><td>254,400</td><td>255,200</td><td>255,200</td><td>255,600</td><td></td></tr> <tr><td><math>S_n</math></td><td>1,140</td><td>0,548</td><td>0,894</td><td>0,837</td><td>0,000</td><td>0,837</td><td>0,837</td><td>0,548</td><td>0,548</td><td>1,140</td><td>0,837</td><td>0,548</td><td>0,707</td><td>0,447</td><td>0,548</td><td>0,548</td><td>0,548</td><td>0,837</td><td>0,447</td><td>1,342</td><td></td></tr> </table>						1	253,000	255,000	254,000	255,000	254,000	255,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	256,000	254,000	255,000	255,000	255,000	254,000	255,000	255,000	257,000	2	254,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	254,000	255,000	256,000	257,000	255,000	255,000	256,000	255,000	255,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	256,000	3	256,000	256,000	255,000	254,000	254,000	255,000	255,000	256,000	256,000	256,000	254,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	254,000	255,000	256,000	4	255,000	256,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	256,000	256,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	254,000	257,000	5	254,000	255,000	255,000	254,000	254,000	256,000	256,000	256,000	255,000	255,000	255,000	255,000	255,000	254,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	255,000	254,000	$\bar{X}$	254,400	255,400	254,400	254,200	254,000	255,200	254,800	255,600	255,600	255,400	254,800	255,400	255,000	254,800	255,400	254,600	254,400	255,200	255,200	255,600		$S_n$	1,140	0,548	0,894	0,837	0,000	0,837	0,837	0,548	0,548	1,140	0,837	0,548	0,707	0,447	0,548	0,548	0,548	0,837	0,447	1,342	
1	253,000	255,000	254,000	255,000	254,000	255,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	256,000	254,000	255,000	255,000	255,000	254,000	255,000	255,000	257,000																																																																																																																																										
2	254,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	254,000	255,000	256,000	257,000	255,000	255,000	256,000	255,000	255,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	256,000																																																																																																																																									
3	256,000	256,000	255,000	254,000	254,000	255,000	255,000	256,000	256,000	256,000	254,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	254,000	255,000	256,000																																																																																																																																									
4	255,000	256,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	256,000	256,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	255,000	255,000	254,000	254,000	255,000	254,000	257,000																																																																																																																																									
5	254,000	255,000	255,000	254,000	254,000	256,000	256,000	256,000	255,000	255,000	255,000	255,000	255,000	254,000	256,000	255,000	254,000	256,000	255,000	255,000	254,000																																																																																																																																									
$\bar{X}$	254,400	255,400	254,400	254,200	254,000	255,200	254,800	255,600	255,600	255,400	254,800	255,400	255,000	254,800	255,400	254,600	254,400	255,200	255,200	255,600																																																																																																																																										
$S_n$	1,140	0,548	0,894	0,837	0,000	0,837	0,837	0,548	0,548	1,140	0,837	0,548	0,707	0,447	0,548	0,548	0,548	0,837	0,447	1,342																																																																																																																																										
date hour _____																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																														
$\bar{X}$ & s chart evaluation - are special causes of variation visible (yes,no) ? <b>No</b>																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																														
Chart results : $\bar{X} = 254,970$ $S = 0,7068$ $X_{max} = 255,600$ $X_{min} = 254,000$ $S_{max} = 1,3416$																																																																																																																																																														

Gráfico 15 - Antiga Carta de Controlo tipo x s Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Temperatura

Implementação de métodos standardizados para avaliação da capacidade de máquinas através de Cartas de Controlo

BOSCH Quality Assurance		Evaluation sheet for Machine Capability Analysis		Normal Distribution																																																																																																																																																							
Machine Nr.: S7		Designation: EPM		Manufacturer:																																																																																																																																																							
Part: Banho de Solda		Tool: Sn63Pb37		Year: 2009																																																																																																																																																							
Material: Solda em barra e fio Stannol SOLID		Meas. instr.: Fluke K/J Thermometer		Workshop:																																																																																																																																																							
Rated value: 250,000 °C		Standard:		Evaluation performed by:																																																																																																																																																							
Tolerance (T): 10,000 °C		Operation:		Date: 07.04.2009																																																																																																																																																							
Maximum value: 255,000 °C				Machine cycle time:																																																																																																																																																							
Minimum value: 245,000 °C				Duration of random sampling:																																																																																																																																																							
				Start of random sampling: o'clock																																																																																																																																																							
				End of random sampling: o'clock																																																																																																																																																							
Note: Enter measured values overleaf																																																																																																																																																											
$\bar{X} =$ 250,204		$MR =$ 0,708		$X_{max} =$ 252,500																																																																																																																																																							
				$X_{min} =$ 248,400																																																																																																																																																							
				$MR_{max} =$ 2,4000																																																																																																																																																							
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n =$ 0,6280 ( $a_n = 1.128$ for $n = 2$ )																																																																																																																																																											
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> yes		$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} =$ 2,65		OK																																																																																																																																																							
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} =$ 2,55		OK																																																																																																																																																							
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} =$ 2,76		OK																																																																																																																																																							
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																																																																																																																																																											
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																																																																								
Stability limit for mean values																																																																																																																																																											
$UVLx = \bar{X} + 3 \times S$ or $UVLx$ fixed			253,000																																																																																																																																																								
$LVLx = \bar{X} - 3 \times S$ or $LVLx$ fixed			246,000																																																																																																																																																								
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?			<input checked="" type="checkbox"/> yes																																																																																																																																																								
			$UVLs = 3.267 \times MR$ or $UVL_{MR}$ fixed																																																																																																																																																								
			2,9000																																																																																																																																																								
			Is $S_{max}$ within $UVL$ ?																																																																																																																																																								
			<input checked="" type="checkbox"/> yes																																																																																																																																																								
Chart of Individual Values and Moving Range																																																																																																																																																											
Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ?																																																																																																																																																											
<input type="checkbox"/> no																																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>26</th> <th>27</th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>250,700</td> <td>249,900</td> <td>248,400</td> <td>250,500</td> <td>250,300</td> <td>250,100</td> <td>249,700</td> <td>250,500</td> <td>249,700</td> <td>249,300</td> <td>250,200</td> <td>250,300</td> <td>249,800</td> <td>250,100</td> <td>250,300</td> <td>251,500</td> <td>250,100</td> <td>249,800</td> <td>250,200</td> <td>250,700</td> <td>250,700</td> <td>250,800</td> <td>250,000</td> <td>250,400</td> <td>250,300</td> <td>249,900</td> <td>250,300</td> <td>249,900</td> <td>250,300</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>+</td> <td>0,800</td> <td>1,500</td> <td>2,100</td> <td>0,200</td> <td>0,200</td> <td>0,400</td> <td>0,800</td> <td>0,800</td> <td>0,400</td> <td>0,900</td> <td>0,100</td> <td>0,500</td> <td>0,300</td> <td>1,400</td> <td>2,400</td> <td>0,300</td> <td>0,400</td> <td>0,500</td> <td>0,000</td> <td>0,100</td> <td>0,800</td> <td>0,400</td> <td>0,100</td> <td>0,800</td> <td>0,100</td> <td>0,800</td> <td>0,800</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>02-02-09</td> <td>03-02-09</td> <td>04-02-09</td> <td>05-02-09</td> <td>06-02-09</td> <td>07-02-09</td> <td>08-02-09</td> <td>09-02-09</td> <td>10-02-09</td> <td>11-02-09</td> <td>12-02-09</td> <td>13-02-09</td> <td>14-02-09</td> <td>15-02-09</td> <td>16-02-09</td> <td>17-02-09</td> <td>18-02-09</td> <td>19-02-09</td> <td>20-02-09</td> <td>21-02-09</td> <td>22-02-09</td> <td>23-02-09</td> <td>24-02-09</td> <td>25-02-09</td> <td>26-02-09</td> <td>27-02-09</td> <td>28-02-09</td> <td>29-02-09</td> <td>01-03-09</td> </tr> <tr> <td>Hour</td> <td>8:30 - 09:15</td> </tr> </tbody> </table>						N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	X	250,700	249,900	248,400	250,500	250,300	250,100	249,700	250,500	249,700	249,300	250,200	250,300	249,800	250,100	250,300	251,500	250,100	249,800	250,200	250,700	250,700	250,800	250,000	250,400	250,300	249,900	250,300	249,900	250,300	MR	+	0,800	1,500	2,100	0,200	0,200	0,400	0,800	0,800	0,400	0,900	0,100	0,500	0,300	1,400	2,400	0,300	0,400	0,500	0,000	0,100	0,800	0,400	0,100	0,800	0,100	0,800	0,800	Date	02-02-09	03-02-09	04-02-09	05-02-09	06-02-09	07-02-09	08-02-09	09-02-09	10-02-09	11-02-09	12-02-09	13-02-09	14-02-09	15-02-09	16-02-09	17-02-09	18-02-09	19-02-09	20-02-09	21-02-09	22-02-09	23-02-09	24-02-09	25-02-09	26-02-09	27-02-09	28-02-09	29-02-09	01-03-09	Hour	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																													
X	250,700	249,900	248,400	250,500	250,300	250,100	249,700	250,500	249,700	249,300	250,200	250,300	249,800	250,100	250,300	251,500	250,100	249,800	250,200	250,700	250,700	250,800	250,000	250,400	250,300	249,900	250,300	249,900	250,300																																																																																																																														
MR	+	0,800	1,500	2,100	0,200	0,200	0,400	0,800	0,800	0,400	0,900	0,100	0,500	0,300	1,400	2,400	0,300	0,400	0,500	0,000	0,100	0,800	0,400	0,100	0,800	0,100	0,800	0,800																																																																																																																															
Date	02-02-09	03-02-09	04-02-09	05-02-09	06-02-09	07-02-09	08-02-09	09-02-09	10-02-09	11-02-09	12-02-09	13-02-09	14-02-09	15-02-09	16-02-09	17-02-09	18-02-09	19-02-09	20-02-09	21-02-09	22-02-09	23-02-09	24-02-09	25-02-09	26-02-09	27-02-09	28-02-09	29-02-09	01-03-09																																																																																																																														
Hour	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15	8:30 - 09:15																																																																																																																														
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ?																																																																																																																																																											
<input type="checkbox"/> no																																																																																																																																																											
Chart results: $\bar{X} =$ 250,204 $MR =$ 0,7083 $X_{max} =$ 252,500 $X_{min} =$ 248,400 $MR_{max} =$ 2,4000																																																																																																																																																											

Gráfico 16 - Nova Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Temperatura

Soldadura Selectiva

<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																														
Machine Nr.: VT04		Designation: Selectiva SOLTEC		Manufacturer:																																																																																														
Part: Paleta Normalizada		Tool: Máquina Soldadura Selectiva		Evaluation performed by: Luis Branco																																																																																														
Material: Papel térmico		Meas. instr.: M. Tridimensional		Date: 3-Jun-09																																																																																														
Rated value: 0,000 °C		Standard:		Machine cycle time:																																																																																														
Tolerance ( T ): 4,000 °C		Operation: Fluxar papel térmico		Duration of random sampling:																																																																																														
Maximum value: 2,000 °C				Start of random sampling: o'clock																																																																																														
Minimum value: -2,000 °C				End of random sampling: o'clock																																																																																														
$\bar{X} = 1,106$		MR = 0,310		$X_{max} = 2,300$																																																																																														
				$X_{min} = 0,239$																																																																																														
				MR <sub>max</sub> = 1,0250																																																																																														
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n = 0,2748$ ( $a_n = 1.128$ for $n = 2$ )																																																																																																		
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																		
no				$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																														
				$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																														
				$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} =$ <b>not valid</b> Not OK																																																																																														
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																																																																																																		
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																															
Stability limit for mean values			Stability limit for standard deviations																																																																																															
UVL <sub>X</sub> = $\bar{X} + 3 \times S$ or UVL <sub>X</sub> fixed: 1,930			UVL <sub>S</sub> = $3.267 \times MR$ or UVL <sub>S</sub> fixed: 1,0126																																																																																															
LVL <sub>X</sub> = $\bar{X} - 3 \times S$ or LVL <sub>X</sub> fixed: 0,282			Is $S_{max}$ within UVL ? <b>no</b>																																																																																															
X <sub>max</sub> and X <sub>min</sub> within UVL and LVL ? <b>no</b>																																																																																																		
<p>Chart of Individual Values and Moving Range</p> <p>Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th colspan="6">1º Grupo</th> <th colspan="6">2º Grupo</th> <th colspan="6">3º Grupo</th> </tr> <tr> <th>1,5261</th><th>1,2820</th><th>1,3690</th><th>1,2750</th><th>2,3000</th><th>1,9500</th> <th>1,4970</th><th>1,5190</th><th>1,9910</th><th>1,6775</th><th>1,6075</th><th>1,0230</th><th>1,1980</th><th>1,4975</th><th>1,1330</th><th>0,2490</th> <th>0,3125</th><th>0,7190</th><th>0,3420</th><th>0,2720</th><th>0,2390</th><th>0,4105</th><th>0,7225</th><th>0,7385</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\bar{X}</math></td> <td>1,527</td><td>1,282</td><td>1,369</td><td>1,275</td><td>2,300</td><td>1,950</td> <td>1,497</td><td>1,519</td><td>1,991</td><td>1,678</td><td>1,608</td><td>1,023</td><td>1,198</td><td>1,499</td><td>1,132</td><td>0,245</td> <td>0,313</td><td>0,719</td><td>0,342</td><td>0,272</td><td>0,239</td><td>0,411</td><td>0,723</td><td>0,739</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>*</td><td>0,245</td><td>0,087</td><td>0,084</td><td>1,022</td><td>0,350</td> <td>0,453</td><td>0,022</td><td>0,128</td><td>0,387</td><td>0,370</td><td>0,585</td><td>0,175</td><td>0,300</td><td>0,366</td><td>0,889</td> <td>0,070</td><td>0,407</td><td>0,377</td><td>0,070</td><td>0,033</td><td>0,172</td><td>0,312</td><td>0,016</td> </tr> </tbody> </table> <p>Date: 29-05-09 to 29-05-09</p> <p>Hour: 18:45 to 19:30</p> <p>Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b></p> <p>Chart results: <math>\bar{X} = 1,106</math> MR = 0,3100 <math>X_{max} = 2,300</math> <math>X_{min} = 0,239</math> MR<sub>max</sub> = 1,0250</p>						N	1º Grupo						2º Grupo						3º Grupo						1,5261	1,2820	1,3690	1,2750	2,3000	1,9500	1,4970	1,5190	1,9910	1,6775	1,6075	1,0230	1,1980	1,4975	1,1330	0,2490	0,3125	0,7190	0,3420	0,2720	0,2390	0,4105	0,7225	0,7385	$\bar{X}$	1,527	1,282	1,369	1,275	2,300	1,950	1,497	1,519	1,991	1,678	1,608	1,023	1,198	1,499	1,132	0,245	0,313	0,719	0,342	0,272	0,239	0,411	0,723	0,739	MR	*	0,245	0,087	0,084	1,022	0,350	0,453	0,022	0,128	0,387	0,370	0,585	0,175	0,300	0,366	0,889	0,070	0,407	0,377	0,070	0,033	0,172	0,312	0,016
N	1º Grupo						2º Grupo						3º Grupo																																																																																					
	1,5261	1,2820	1,3690	1,2750	2,3000	1,9500	1,4970	1,5190	1,9910	1,6775	1,6075	1,0230	1,1980	1,4975	1,1330	0,2490	0,3125	0,7190	0,3420	0,2720	0,2390	0,4105	0,7225	0,7385																																																																										
$\bar{X}$	1,527	1,282	1,369	1,275	2,300	1,950	1,497	1,519	1,991	1,678	1,608	1,023	1,198	1,499	1,132	0,245	0,313	0,719	0,342	0,272	0,239	0,411	0,723	0,739																																																																										
MR	*	0,245	0,087	0,084	1,022	0,350	0,453	0,022	0,128	0,387	0,370	0,585	0,175	0,300	0,366	0,889	0,070	0,407	0,377	0,070	0,033	0,172	0,312	0,016																																																																										

Gráfico 17 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo x do Reagente sem Manutenção Correctiva

<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																																
				Order:																																																																																																
				Nr. of Sheets: 5	Sheet nr. 1																																																																																															
Machine Nr.: VT04	Designation: Selectiva SOLTEC	Manufacturer:		Year: 2009	Workshop:																																																																																															
Part: Paleta Normalizada	Tool: Máquina Soldadura Selectiva	Evaluation performed by: Luis Branco																																																																																																		
Material: Papel térmico	Meas. instr.: M. Tridimensional	Date: 3-Jun-09																																																																																																		
Rated value: 0,000 °C	Standard:	Machine cycle time:																																																																																																		
Tolerance (T): 4,000 °C	Operation: Fluxar papel térmico	Duration of random sampling:																																																																																																		
Maximum value: 2,000 °C		Start of random sampling:		o'clock																																																																																																
Minimum value: -2,000 °C		End of random sampling:		o'clock																																																																																																
$\bar{X} = 1,925$		$MR = 0,542$	$X_{max} = 3,194$	$X_{min} = 0,829$	$MR_{max} = 1,6990$																																																																																															
Calculation of $\delta$ : $\delta = S/\alpha_n = 0,4806$ ( $\alpha_n = 1.128$ for $n = 2$ )																																																																																																				
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																				
yes		$C_m = \frac{T}{6 \times \delta} = 1,39$ Not OK																																																																																																		
		$C_{mk} = \frac{USL - X}{3 \times \delta} = 0,05$ Not OK																																																																																																		
		$C_{mk} = \frac{X - LSL}{3 \times \delta} = 2,72$ OK																																																																																																		
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																																																																																																				
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																	
Stability limit for mean values																																																																																																				
$UVLx = X + 3 \times S$ or $UVLx$ fixed: 3,367			$UVLs = 3.267 \times MR$ or $UVL_{max}$ fixed: 1,7709																																																																																																	
$LVLx = X - 3 \times S$ or $LVLx$ fixed: 0,484																																																																																																				
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ? yes			Is $S_{max}$ within $UVL$ ? yes																																																																																																	
Chart of Individual Values and Moving Range																																																																																																				
Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no)? No																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th colspan="10">1º Grupo</th> <th colspan="5">2º Grupo</th> <th colspan="5">3º Grupo</th> </tr> <tr> <th>1,0800</th><th>1,3385</th><th>1,7075</th><th>1,8345</th><th>2,0740</th><th>2,4830</th><th>1,7700</th><th>1,3340</th><th>1,4035</th><th>1,7155</th><th>1,2860</th><th>1,2560</th><th>1,2170</th><th>1,3130</th><th>1,8755</th><th>1,1340</th><th>1,4950</th><th>1,8300</th><th>2,0890</th><th>2,4510</th><th>0,8605</th><th>0,8290</th><th>1,2200</th><th>2,3945</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>2,080</td><td>1,339</td><td>1,708</td><td>1,435</td><td>2,074</td><td>2,685</td><td>1,770</td><td>1,334</td><td>1,406</td><td>1,716</td><td>1,286</td><td>1,297</td><td>1,217</td><td>1,313</td><td>1,876</td><td>1,194</td><td>1,495</td><td>1,830</td><td>2,089</td><td>2,451</td><td>0,861</td><td>0,829</td><td>1,220</td><td>2,395</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>*</td><td>0,251</td><td>0,379</td><td>0,273</td><td>0,440</td><td>0,611</td><td>0,925</td><td>0,439</td><td>0,071</td><td>0,330</td><td>0,571</td><td>0,331</td><td>0,380</td><td>0,099</td><td>0,543</td><td>0,519</td><td>1,699</td><td>0,533</td><td>0,259</td><td>0,563</td><td>1,391</td><td>0,021</td><td>0,391</td><td>1,173</td> </tr> </tbody> </table>						N	1º Grupo										2º Grupo					3º Grupo					1,0800	1,3385	1,7075	1,8345	2,0740	2,4830	1,7700	1,3340	1,4035	1,7155	1,2860	1,2560	1,2170	1,3130	1,8755	1,1340	1,4950	1,8300	2,0890	2,4510	0,8605	0,8290	1,2200	2,3945	X	2,080	1,339	1,708	1,435	2,074	2,685	1,770	1,334	1,406	1,716	1,286	1,297	1,217	1,313	1,876	1,194	1,495	1,830	2,089	2,451	0,861	0,829	1,220	2,395	MR	*	0,251	0,379	0,273	0,440	0,611	0,925	0,439	0,071	0,330	0,571	0,331	0,380	0,099	0,543	0,519	1,699	0,533	0,259	0,563	1,391	0,021	0,391	1,173
N	1º Grupo										2º Grupo					3º Grupo																																																																																				
	1,0800	1,3385	1,7075	1,8345	2,0740	2,4830	1,7700	1,3340	1,4035	1,7155	1,2860	1,2560	1,2170	1,3130	1,8755	1,1340	1,4950	1,8300	2,0890	2,4510	0,8605	0,8290	1,2200	2,3945																																																																												
X	2,080	1,339	1,708	1,435	2,074	2,685	1,770	1,334	1,406	1,716	1,286	1,297	1,217	1,313	1,876	1,194	1,495	1,830	2,089	2,451	0,861	0,829	1,220	2,395																																																																												
MR	*	0,251	0,379	0,273	0,440	0,611	0,925	0,439	0,071	0,330	0,571	0,331	0,380	0,099	0,543	0,519	1,699	0,533	0,259	0,563	1,391	0,021	0,391	1,173																																																																												
Date: 29-05-09																																																																																																				
Hour: 13:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30																																																																																																				
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no)? No																																																																																																				
Chart results: $\bar{X} = 1,925$ $MR = 0,5421$ $X_{max} = 3,194$ $X_{min} = 0,829$ $MR_{max} = 1,6990$																																																																																																				

Gráfico 18 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo y do Reagente sem Manutenção Correctiva

<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>			<b>Normal Distribution</b>																			
Machine Nr.: VT04		Designation: Selectiva SOLTEC		Manufacturer:																				
Part: Paleta Normalizada		Tool: Máquina Soldadura Selectiva		Evaluation performed by: Luis Branco																				
Material: Papel térmico		Meas. instr.: M. Tridimensional		Date: 3-Jun-09																				
Rated value: 5,000 °C		Standard:		Machine cycle time:																				
Tolerance (T): 4,000 °C		Operation: Fluxar papel térmico		Duration of random sampling:																				
Maximum value: 7,000 °C				Start of random sampling: o'clock																				
Minimum value: 3,000 °C				End of random sampling: o'clock																				
$\bar{X} = 9,073$		$MR = 0,440$		$X_{max} = 10,548$																				
				$X_{min} = 7,818$																				
				$MR_{max} = 1,0490$																				
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n = 0,3902$ ( $a_n = 1,128$ for $n = 2$ )																								
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																								
<b>no</b>			$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} =$		<b>not valid</b> Not OK																			
			$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} =$		<b>not valid</b> Not OK																			
			$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} =$		<b>not valid</b> Not OK																			
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																								
Stability test (if "NO", process unstable) Stability limit for mean values				Stability limit for standard deviations																				
$UVL\bar{x} = \bar{X} + 3 \times S$ or $UVL\bar{x}$ fixed				$UVLs = 3,267 \times MR$ or $UVLs$ fixed																				
6,000				1,1000																				
$LVL\bar{x} = \bar{X} - 3 \times S$ or $LVL\bar{x}$ fixed																								
4,000																								
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?				Is $S_{max}$ within $UVL$ ?																				
no				yes																				
Chart of Individual Values and Moving Range																								
Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b>																								
N	1º Grupo						2º Grupo						3º Grupo											
1	10,5475	9,5380	9,9555	9,0195	10,5165	9,8875	10,1815	9,3125	8,2835	8,7275	8,6030	8,6400	8,6455	9,2400	8,8080	8,7535	8,7650	8,9280	8,5105	8,5555	7,8375	8,4085	8,9555	8,9070
X	10,548	9,538	9,956	9,020	10,517	9,888	10,182	9,313	8,284	8,728	8,603	8,640	8,646	9,245	8,808	8,754	8,765	8,928	8,511	8,556	7,838	8,409	8,956	8,907
MR	*	1,010	0,397	0,116	0,697	0,659	0,274	0,849	1,049	0,464	0,124	0,037	0,005	0,599	0,437	0,285	0,182	0,223	0,618	0,245	0,739	0,591	0,527	0,028
Date	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09	28-05-09
Hour	18:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30	8:45	19:30
Chart results:																								
$\bar{X} = 9,073$		$MR = 0,4402$		$X_{max} = 10,548$		$X_{min} = 7,818$																		
						$MR_{max} = 1,0490$																		
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b>																								

Gráfico 19 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Quantidade Utilizada do Reagente sem Manutenção Correctiva

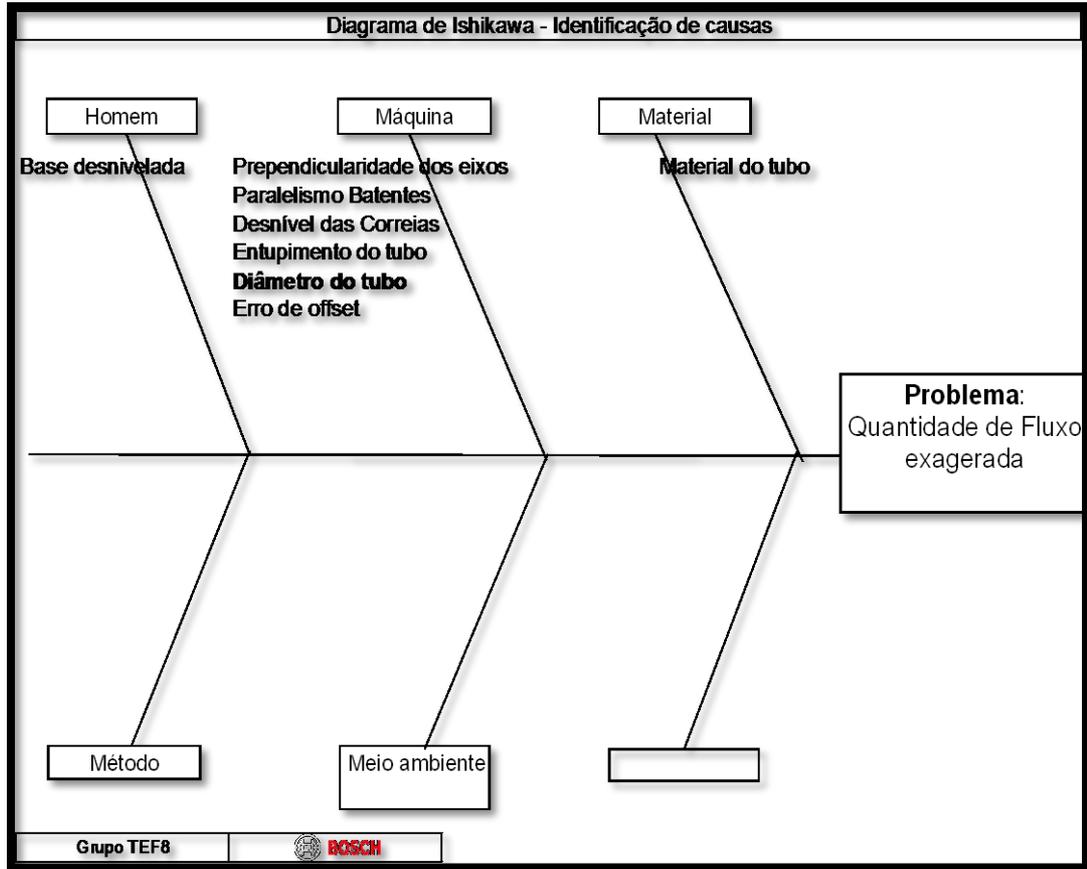


Figura 40 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva  
(Quantidade de Reagente Utilizado)



<b>BOSCH</b> Quality Assurance		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>			<b>Normal Distribution</b>																																																																																																
Machine Nr.: VT04		Designation: Selectiva SOLTEC		Manufacturer:		Order: Nr. of Sheets: 5 Sheet nr. 1																																																																																															
Part: Paleta Normalizada		Tool: Máquina Soldadura Selectiva		Evaluation performed by: Luis Branco		Year: 2009 Workshop:																																																																																															
Material: Papel térmico		Meas. instr. M. Tridimensional		Date: 3-Jun-09																																																																																																	
Rated value: 0,000 °C		Standard:		Machine cycle time:																																																																																																	
Tolerance (T): 4,000 °C		Operation: Fluxar papel térmico		Duration of random sampling:																																																																																																	
Maximum value: 2,000 °C				Start of random sampling:		o'clock																																																																																															
Minimum value: -2,000 °C				End of random sampling:		o'clock																																																																																															
$\bar{X} = 0,455$ $MR = 0,316$ $X_{max} = 1,182$ $X_{min} = 0,029$ $MR_{max} = 0,8580$																																																																																																					
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n = 0,2803$ ( $a_n = 1.128$ for $n = 2$ )																																																																																																					
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																					
yes		$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} = 2,38$ OK		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} = 1,84$ OK																																																																																																	
				$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} = 2,92$ OK																																																																																																	
Note: The Lower value of $C_{mk}$ is evaluated																																																																																																					
Stability test (if "NO", process unstable) Stability limit for mean values				Stability limit for standard deviations																																																																																																	
$UVLx = \bar{X} + 3 \times S$ or $UVLx$ fixed    1,296				$UVLs = 3.267 \times MR$ or $UVL_{max}$ fixed																																																																																																	
$LVLx = \bar{X} - 3 \times S$ or $LVLx$ fixed    -0,386				1,0330																																																																																																	
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?    yes				Is $S_{max}$ within $UVL$ ?    yes																																																																																																	
Chart of Individual Values and Moving Range																																																																																																					
Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ?    No																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th colspan="10">1º Grupo</th> <th colspan="5">2º Grupo</th> <th colspan="5">3º Grupo</th> </tr> <tr> <th>0,1612</th><th>0,2980</th><th>0,0712</th><th>0,0922</th><th>0,8970</th><th>0,0580</th><th>0,0540</th><th>0,5120</th><th>1,0385</th><th>0,6355</th><th>0,9680</th><th>1,1820</th><th>0,4740</th><th>0,3765</th><th>0,0285</th><th>0,5750</th><th>0,3405</th><th>0,3005</th><th>0,8365</th><th>0,8845</th><th>0,2255</th><th>0,4460</th><th>0,3665</th><th>0,4180</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>0,162</td><td>0,283</td><td>0,072</td><td>0,093</td><td>0,897</td><td>0,059</td><td>0,054</td><td>0,512</td><td>1,039</td><td>0,634</td><td>0,968</td><td>1,182</td><td>0,474</td><td>0,377</td><td>0,029</td><td>0,375</td><td>0,241</td><td>0,301</td><td>0,837</td><td>0,883</td><td>0,226</td><td>0,446</td><td>0,370</td><td>0,418</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>+</td><td>0,121</td><td>0,222</td><td>0,021</td><td>0,802</td><td>0,819</td><td>0,013</td><td>0,458</td><td>0,527</td><td>0,402</td><td>0,352</td><td>0,214</td><td>0,708</td><td>0,098</td><td>0,248</td><td>0,547</td><td>0,132</td><td>0,090</td><td>0,526</td><td>0,048</td><td>0,619</td><td>0,221</td><td>0,077</td><td>0,049</td> </tr> </tbody> </table>							N	1º Grupo										2º Grupo					3º Grupo					0,1612	0,2980	0,0712	0,0922	0,8970	0,0580	0,0540	0,5120	1,0385	0,6355	0,9680	1,1820	0,4740	0,3765	0,0285	0,5750	0,3405	0,3005	0,8365	0,8845	0,2255	0,4460	0,3665	0,4180	X	0,162	0,283	0,072	0,093	0,897	0,059	0,054	0,512	1,039	0,634	0,968	1,182	0,474	0,377	0,029	0,375	0,241	0,301	0,837	0,883	0,226	0,446	0,370	0,418	MR	+	0,121	0,222	0,021	0,802	0,819	0,013	0,458	0,527	0,402	0,352	0,214	0,708	0,098	0,248	0,547	0,132	0,090	0,526	0,048	0,619	0,221	0,077	0,049
N	1º Grupo										2º Grupo					3º Grupo																																																																																					
	0,1612	0,2980	0,0712	0,0922	0,8970	0,0580	0,0540	0,5120	1,0385	0,6355	0,9680	1,1820	0,4740	0,3765	0,0285	0,5750	0,3405	0,3005	0,8365	0,8845	0,2255	0,4460	0,3665	0,4180																																																																													
X	0,162	0,283	0,072	0,093	0,897	0,059	0,054	0,512	1,039	0,634	0,968	1,182	0,474	0,377	0,029	0,375	0,241	0,301	0,837	0,883	0,226	0,446	0,370	0,418																																																																													
MR	+	0,121	0,222	0,021	0,802	0,819	0,013	0,458	0,527	0,402	0,352	0,214	0,708	0,098	0,248	0,547	0,132	0,090	0,526	0,048	0,619	0,221	0,077	0,049																																																																													
Date: 29-05-09																																																																																																					
Hour: 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30 18:45 19:30																																																																																																					
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ?    No																																																																																																					
Chart results: $\bar{X} = 0,455$ $MR = 0,3162$ $X_{max} = 1,182$ $X_{min} = 0,029$ $MR_{max} = 0,8580$																																																																																																					

Gráfico 21 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação do Deslocamento no Eixo y do Reagente após Manutenção Correctiva



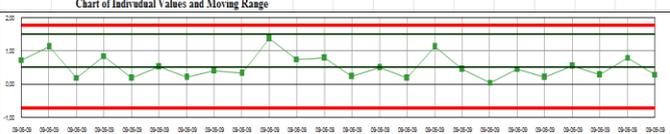
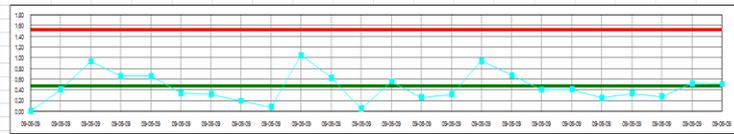
<b>BOSCH</b> 		<b>Evaluation sheet for Machine</b>		<b>Normal Distribution</b>																																																																																																				
Quality Assurance		<b>Capability Analysis</b>		Order: _____																																																																																																				
Machine Nr.:		Designation: <b>Selectiva SOLTEC</b>		Nr. of Sheets: <b>5</b> Sheet nr. <b>1</b>																																																																																																				
Part: <b>Paleta Normalizada</b>		Manufacturer: _____		Year: <b>2009</b> Workshop: _____																																																																																																				
Material: <b>Placas de Cobre</b>		Tool: <b>Máquina Soldadura Selectiva</b>		Evaluation performed by: <b>Luís Branco</b>																																																																																																				
Rated value: <b>0,000</b> °C		Meas. instr.: <b>M. Tridimensional</b>		Date: <b>26-Jun-09</b>																																																																																																				
Tolerance ( T ): <b>1,000</b> °C		Standard: _____		Machine cycle time: _____																																																																																																				
Maximum value: <b>1,500</b> °C		Operation: <b>Soldar Placas de Cobre</b>		Duration of random sampling: _____																																																																																																				
Minimum value: <b>0,500</b> °C		_____		Start of random sampling: _____ o'clock																																																																																																				
_____		_____		End of random sampling: _____ o'clock																																																																																																				
$\bar{X} =$ <b>0,521</b>		$MR =$ <b>0,468</b>		$X_{max} =$ <b>1,372</b>																																																																																																				
_____		_____		$X_{min} =$ <b>0,046</b>																																																																																																				
_____		_____		$MR_{max} =$ <b>1,0530</b>																																																																																																				
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n =$ <b>0,4152</b> ( $a_n = 1.128$ for $n = 2$ )																																																																																																								
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																								
<b>yes</b>		$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} =$ <b>0,40</b> <b>Not OK</b>																																																																																																						
		$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} =$ <b>0,79</b> <b>Not OK</b>																																																																																																						
		$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} =$ <b>0,02</b> <b>Not OK</b>																																																																																																						
<b>Note: The Lower value of <math>C_{mk}</math> is evaluated</b>																																																																																																								
Stability test (if "NO", process unstable)			Stability limit for standard deviations																																																																																																					
Stability limit for mean values																																																																																																								
$UVLx = \bar{X} + 3 \times S$ or $UVLx$ fixed		<b>1,767</b>		$UVLs = 3.267 \times MR$ or $UVL_{MR}$ fixed																																																																																																				
$LVLx = \bar{X} - 3 \times S$ or $LVLx$ fixed		<b>-0,724</b>		<b>1,5300</b>																																																																																																				
$X_{max}$ and $X_{min}$ within $UVL$ and $LVL$ ?		<b>yes</b>		Is $S_{max}$ within $UVL$ ? <b>yes</b>																																																																																																				
Chart of Individual Values and Moving Range																																																																																																								
																																																																																																								
Individual Values Diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b>																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">X</th> <th colspan="8">1º Grupo</th> <th colspan="8">2º Grupo</th> <th colspan="8">3º Grupo</th> </tr> <tr> <th>0,7195</th><th>1,1275</th><th>0,1895</th><th>0,8450</th><th>0,1800</th><th>0,5250</th><th>0,2045</th><th>0,8870</th><th>0,3185</th><th>1,3715</th><th>0,7465</th><th>0,7910</th><th>0,3335</th><th>0,4950</th><th>0,1770</th><th>1,1215</th><th>0,4520</th><th>0,0480</th><th>0,4590</th><th>0,2105</th><th>0,5445</th><th>0,3725</th><th>0,7950</th><th>0,2840</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\bar{X}</math></td> <td>0,720</td><td>1,128</td><td>0,190</td><td>0,845</td><td>0,186</td><td>0,525</td><td>0,205</td><td>0,897</td><td>0,319</td><td>1,372</td><td>0,747</td><td>0,791</td><td>0,334</td><td>0,495</td><td>0,177</td><td>1,122</td><td>0,452</td><td>0,048</td><td>0,459</td><td>0,211</td><td>0,545</td><td>0,373</td><td>0,795</td><td>0,284</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>0,408</td><td>0,578</td><td>0,694</td><td>0,679</td><td>0,739</td><td>0,521</td><td>0,790</td><td>0,679</td><td>1,029</td><td>0,651</td><td>0,642</td><td>0,528</td><td>0,242</td><td>0,528</td><td>0,940</td><td>0,670</td><td>0,408</td><td>0,470</td><td>0,249</td><td>0,374</td><td>0,272</td><td>0,529</td><td>0,521</td><td></td> </tr> </tbody> </table>						X	1º Grupo								2º Grupo								3º Grupo								0,7195	1,1275	0,1895	0,8450	0,1800	0,5250	0,2045	0,8870	0,3185	1,3715	0,7465	0,7910	0,3335	0,4950	0,1770	1,1215	0,4520	0,0480	0,4590	0,2105	0,5445	0,3725	0,7950	0,2840	$\bar{X}$	0,720	1,128	0,190	0,845	0,186	0,525	0,205	0,897	0,319	1,372	0,747	0,791	0,334	0,495	0,177	1,122	0,452	0,048	0,459	0,211	0,545	0,373	0,795	0,284	MR	0,408	0,578	0,694	0,679	0,739	0,521	0,790	0,679	1,029	0,651	0,642	0,528	0,242	0,528	0,940	0,670	0,408	0,470	0,249	0,374	0,272	0,529	0,521	
X	1º Grupo								2º Grupo								3º Grupo																																																																																							
	0,7195	1,1275	0,1895	0,8450	0,1800	0,5250	0,2045	0,8870	0,3185	1,3715	0,7465	0,7910	0,3335	0,4950	0,1770	1,1215	0,4520	0,0480	0,4590	0,2105	0,5445	0,3725	0,7950	0,2840																																																																																
$\bar{X}$	0,720	1,128	0,190	0,845	0,186	0,525	0,205	0,897	0,319	1,372	0,747	0,791	0,334	0,495	0,177	1,122	0,452	0,048	0,459	0,211	0,545	0,373	0,795	0,284																																																																																
MR	0,408	0,578	0,694	0,679	0,739	0,521	0,790	0,679	1,029	0,651	0,642	0,528	0,242	0,528	0,940	0,670	0,408	0,470	0,249	0,374	0,272	0,529	0,521																																																																																	
Date: 09-06-09																																																																																																								
Hour: 01:00 aa 6:00																																																																																																								
																																																																																																								
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <b>No</b>																																																																																																								
Chart results: $\bar{X} =$ <b>0,521</b> $MR =$ <b>0,4683</b> $X_{max} =$ <b>1,372</b> $X_{min} =$ <b>0,046</b> $MR_{max} =$ <b>1,0530</b>																																																																																																								

Gráfico 22 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo x da Solda sem Manutenção Correctiva

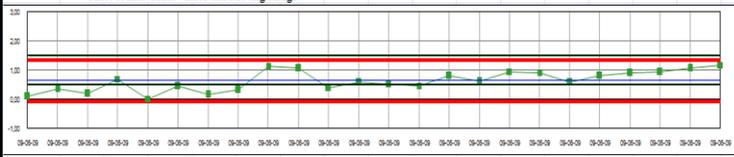
<b>BOSCH</b> 		<b>Evaluation sheet for Machine Capability Analysis</b>			<b>Normal Distribution</b>																																																																																																										
Quality Assurance					Order: _____																																																																																																										
Machine Nr.:		Designation: <u>Selectiva SOLTEC</u>		Manufacturer: _____		Nr. of Sheets: <u>5</u>	Sheet nr.: <u>1</u>																																																																																																								
Part: <u>Paleta Normalizada</u>		Tool: <u>Máquina Soldadura Selectiva</u>		Year: <u>2009</u>	Workshop: _____		Evaluation performed by: <u>Luis Branco</u>																																																																																																								
Material: <u>Placas de Cobre</u>		Meas. instr.: <u>M. Tridimensional</u>		Date: <u>26-Jun-09</u>			Machine cycle time: _____																																																																																																								
Rated value: <u>0,000</u> °C		Standard: _____		Duration of random sampling: _____			Start of random sampling: _____																																																																																																								
Tolerance (T): <u>1,000</u> °C		Operation: <u>Soldar Placas de Cobre</u>		End of random sampling: _____			o'clock																																																																																																								
Maximum value: <u>1,500</u> °C							o'clock																																																																																																								
Minimum value: <u>0,500</u> °C							o'clock																																																																																																								
$\bar{X} =$ <u>0,628</u>		$MR =$ <u>0,268</u>		$X_{max} =$ <u>1,171</u>		$X_{min} =$ <u>0,008</u>																																																																																																									
						$MR_{max} =$ <u>0,8310</u>																																																																																																									
Calculation of $\hat{\sigma}$ : $\hat{\sigma} = S / a_n =$ <u>0,2373</u> ( $a_n = 1,128$ for $n = 2$ )																																																																																																															
Calculation of $C_m$ and $C_{mk}$ for normal distribution ?																																																																																																															
<input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>				$C_m = \frac{T}{6 \times \hat{\sigma}} =$		<u>0,70</u> <b>Not OK</b>																																																																																																									
				$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \times \hat{\sigma}} =$		<u>1,22</u> <b>Not OK</b>																																																																																																									
				$C_{mk} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \times \hat{\sigma}} =$		<u>0,18</u> <b>Not OK</b>																																																																																																									
<b>Note: The Lower value of <math>C_{mk}</math> is evaluated</b>																																																																																																															
Stability test (if "NO", process unstable)				Stability limit for standard deviations																																																																																																											
Stability limit for mean values																																																																																																															
$UVLx = \bar{X} + 3 \times S$ or $UVLx$ fixed				<u>1,340</u>		$UVLs = 3,267 \times MR$ or $UVL_{MR}$ fixed																																																																																																									
$LVLx = \bar{X} - 3 \times S$ or $LVLx$ fixed				<u>-0,084</u>		<u>0,8746</u>																																																																																																									
$X_{max}$ and $X_{min}$ within UVL and LVL ?				<input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>		Is $S_{max}$ within UVL ? <input checked="" type="checkbox"/> <b>yes</b>																																																																																																									
Chart of Individual Values and Moving Range																																																																																																															
																																																																																																															
Individual Values diagram evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <input type="checkbox"/> <b>No</b>																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th colspan="10">1º Grupo</th> <th colspan="10">2º Grupo</th> <th colspan="8">3º Grupo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,0945</td><td>0,3495</td><td>0,1880</td><td>0,6880</td><td>0,0075</td><td>0,4400</td><td>0,1620</td><td>0,3070</td><td>1,1380</td><td>1,0600</td><td>0,3990</td><td>0,7735</td><td>0,5225</td><td>0,4615</td><td>0,8015</td><td>0,6035</td><td>0,9480</td><td>0,8070</td><td>0,5805</td><td>0,8010</td><td>0,8975</td><td>0,9285</td><td>1,0200</td><td>1,1710</td> </tr> <tr> <td><math>\bar{X}</math></td> <td>0,095</td><td>0,350</td><td>0,188</td><td>0,686</td><td>0,008</td><td>0,440</td><td>0,162</td><td>0,307</td><td>1,138</td><td>1,060</td><td>0,399</td><td>0,574</td><td>0,523</td><td>0,462</td><td>0,802</td><td>0,604</td><td>0,948</td><td>0,907</td><td>0,581</td><td>0,801</td><td>0,898</td><td>0,929</td><td>1,020</td><td>1,171</td> </tr> <tr> <td>MR</td> <td>+</td><td>0,255</td><td>0,162</td><td>0,498</td><td>0,679</td><td>0,493</td><td>0,278</td><td>0,145</td><td>0,891</td><td>0,078</td><td>0,687</td><td>0,181</td><td>0,051</td><td>0,061</td><td>0,340</td><td>0,198</td><td>0,345</td><td>0,041</td><td>0,327</td><td>0,221</td><td>0,186</td><td>0,031</td><td>0,122</td><td>0,121</td> </tr> </tbody> </table>								N	1º Grupo										2º Grupo										3º Grupo								1	0,0945	0,3495	0,1880	0,6880	0,0075	0,4400	0,1620	0,3070	1,1380	1,0600	0,3990	0,7735	0,5225	0,4615	0,8015	0,6035	0,9480	0,8070	0,5805	0,8010	0,8975	0,9285	1,0200	1,1710	$\bar{X}$	0,095	0,350	0,188	0,686	0,008	0,440	0,162	0,307	1,138	1,060	0,399	0,574	0,523	0,462	0,802	0,604	0,948	0,907	0,581	0,801	0,898	0,929	1,020	1,171	MR	+	0,255	0,162	0,498	0,679	0,493	0,278	0,145	0,891	0,078	0,687	0,181	0,051	0,061	0,340	0,198	0,345	0,041	0,327	0,221	0,186	0,031	0,122	0,121
N	1º Grupo										2º Grupo										3º Grupo																																																																																										
	1	0,0945	0,3495	0,1880	0,6880	0,0075	0,4400	0,1620	0,3070	1,1380	1,0600	0,3990	0,7735	0,5225	0,4615	0,8015	0,6035	0,9480	0,8070	0,5805	0,8010	0,8975	0,9285	1,0200	1,1710																																																																																						
$\bar{X}$	0,095	0,350	0,188	0,686	0,008	0,440	0,162	0,307	1,138	1,060	0,399	0,574	0,523	0,462	0,802	0,604	0,948	0,907	0,581	0,801	0,898	0,929	1,020	1,171																																																																																							
MR	+	0,255	0,162	0,498	0,679	0,493	0,278	0,145	0,891	0,078	0,687	0,181	0,051	0,061	0,340	0,198	0,345	0,041	0,327	0,221	0,186	0,031	0,122	0,121																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th><th>09-06-09</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hour</td> <td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td><td>01:00</td> </tr> </tbody> </table>								Date	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	Hour	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00																																																				
Date	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09	09-06-09																																																																																						
Hour	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00																																																																																						
Moving Range chart evaluation - are special causes of variation visible (yes/no) ? <input type="checkbox"/> <b>No</b>																																																																																																															
Chart results: $\bar{X} =$ <u>0,628</u> $MR =$ <u>0,2677</u> $X_{max} =$ <u>1,171</u> $X_{min} =$ <u>0,008</u> $MR_{max} =$ <u>0,8310</u>																																																																																																															

Gráfico 23 - Carta de Controlo tipo X MR Utilizada para Análise da Capacidade da Máquina em Relação à Variação de Deslocamento no Eixo y da Solda sem Manutenção Correctiva



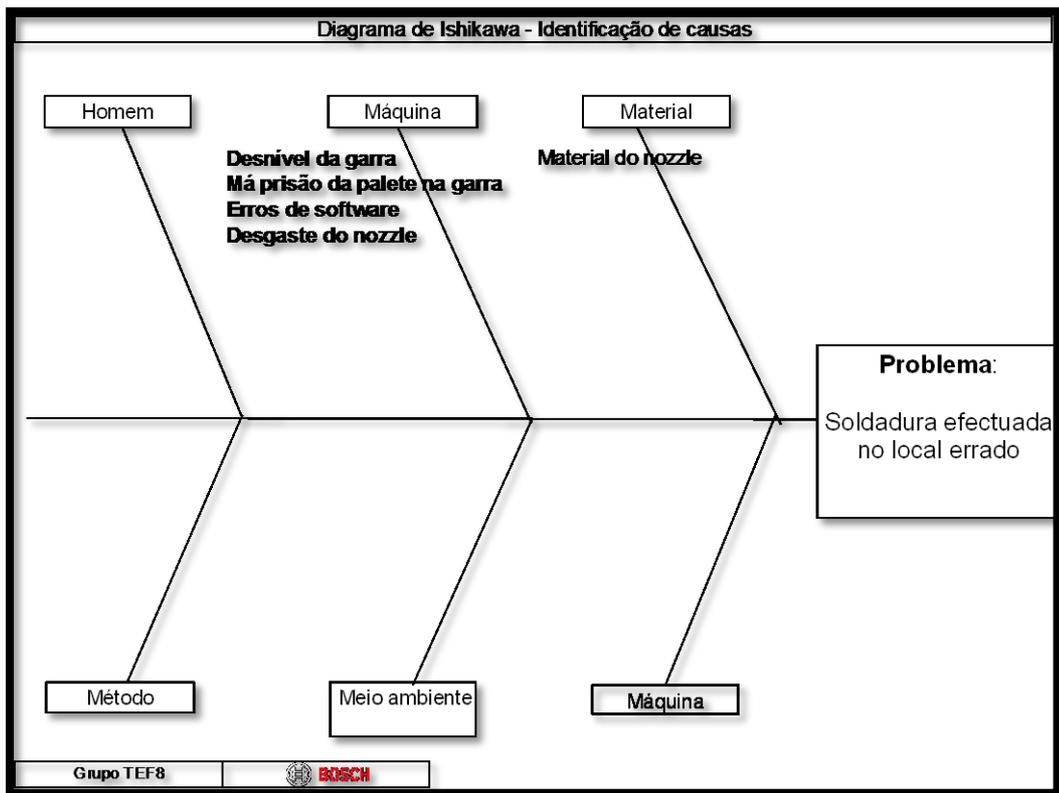


Figura 41 - Diagrama de Ishikawa para Manutenção Correctiva (x, y, z – Soldadura)

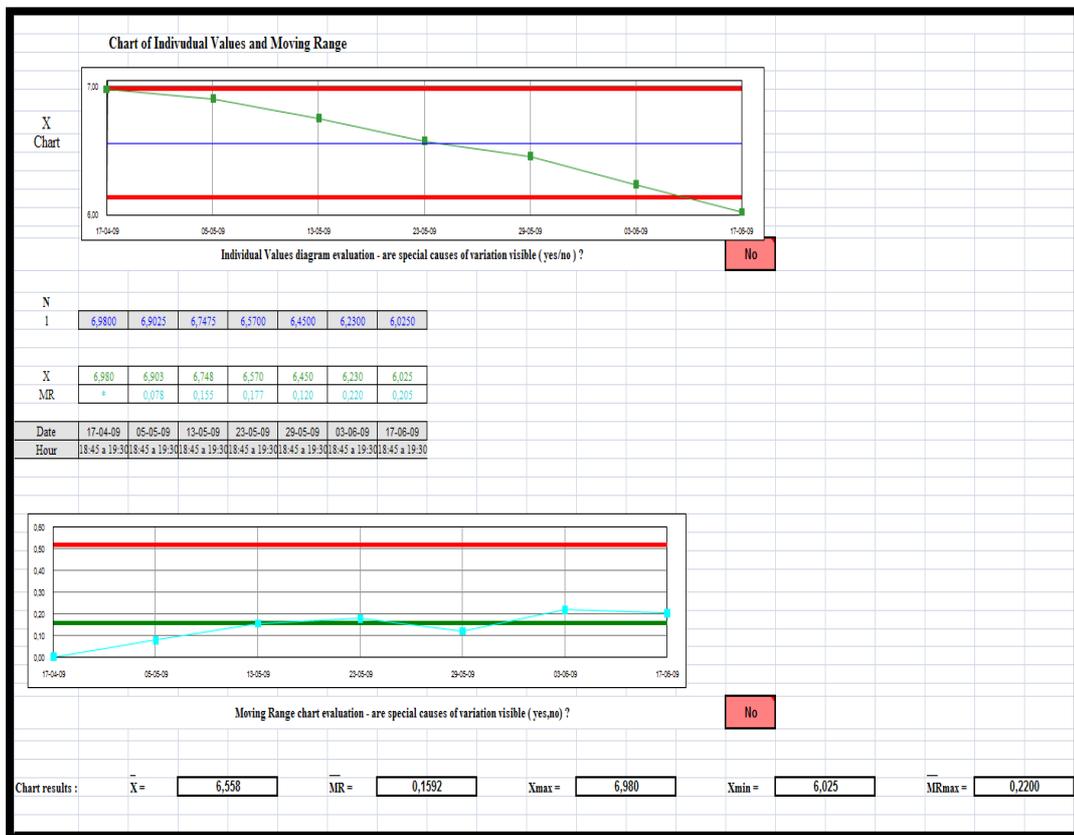


Gráfico 25 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do Nozzle na Máquina SOLTEC VT01

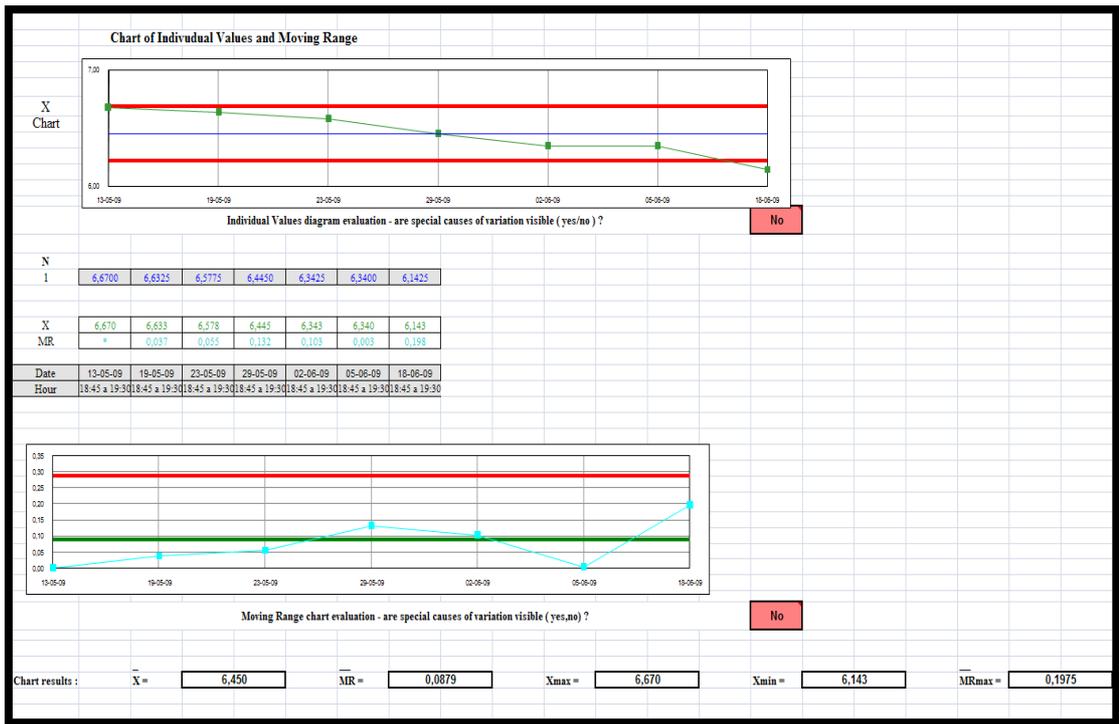


Gráfico 26 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do Nozzle na Máquina SOLTEC VT02

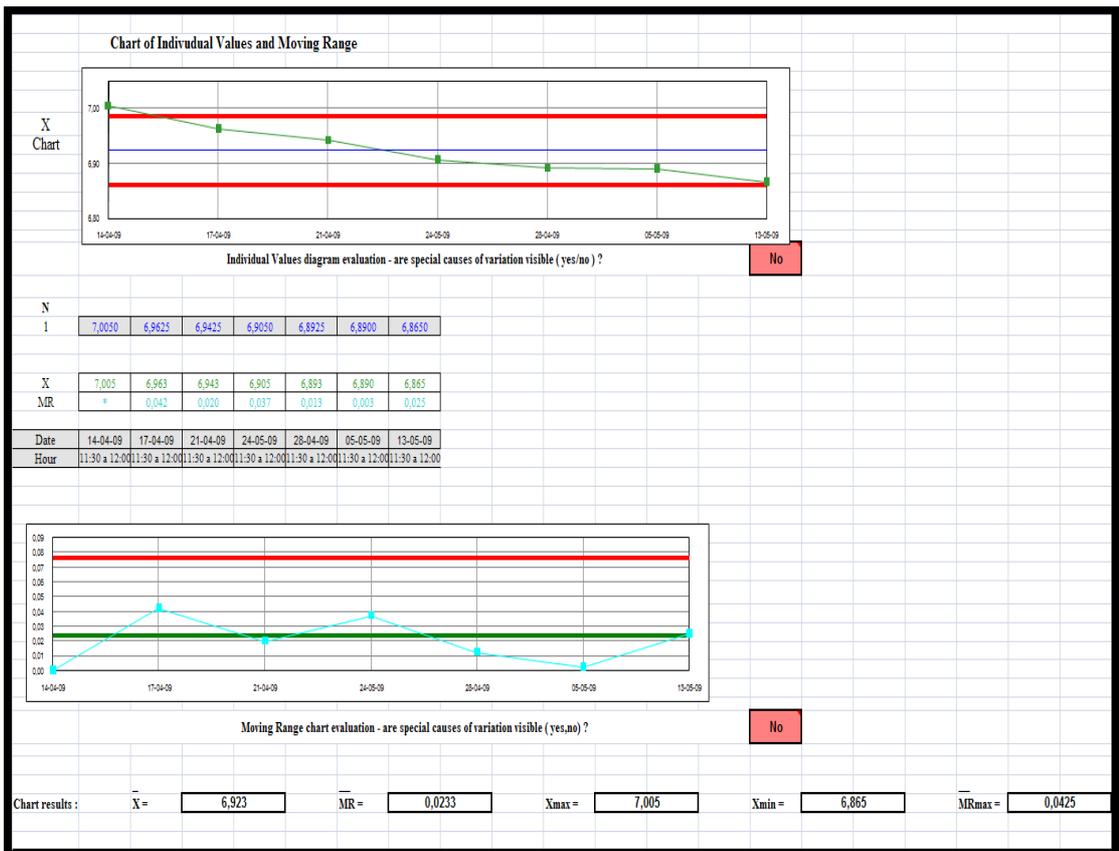


Gráfico 27 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do Nozzle na Máquina SOLTEC VT04

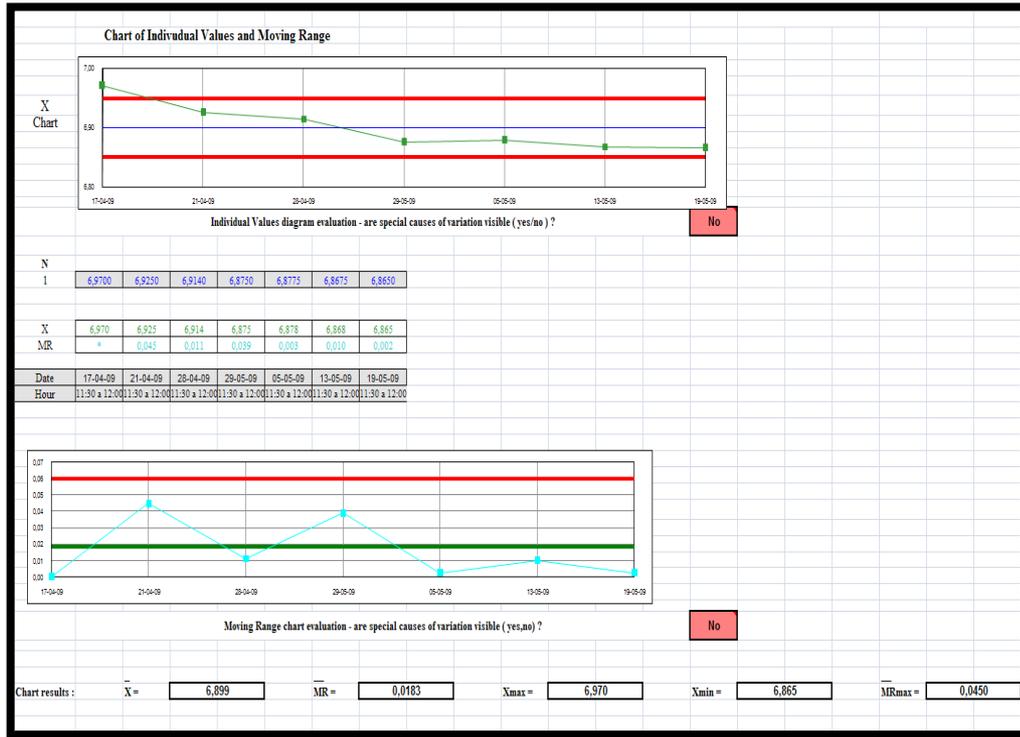


Gráfico 29 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do Nozzle na Máquina SOLTEC VT10

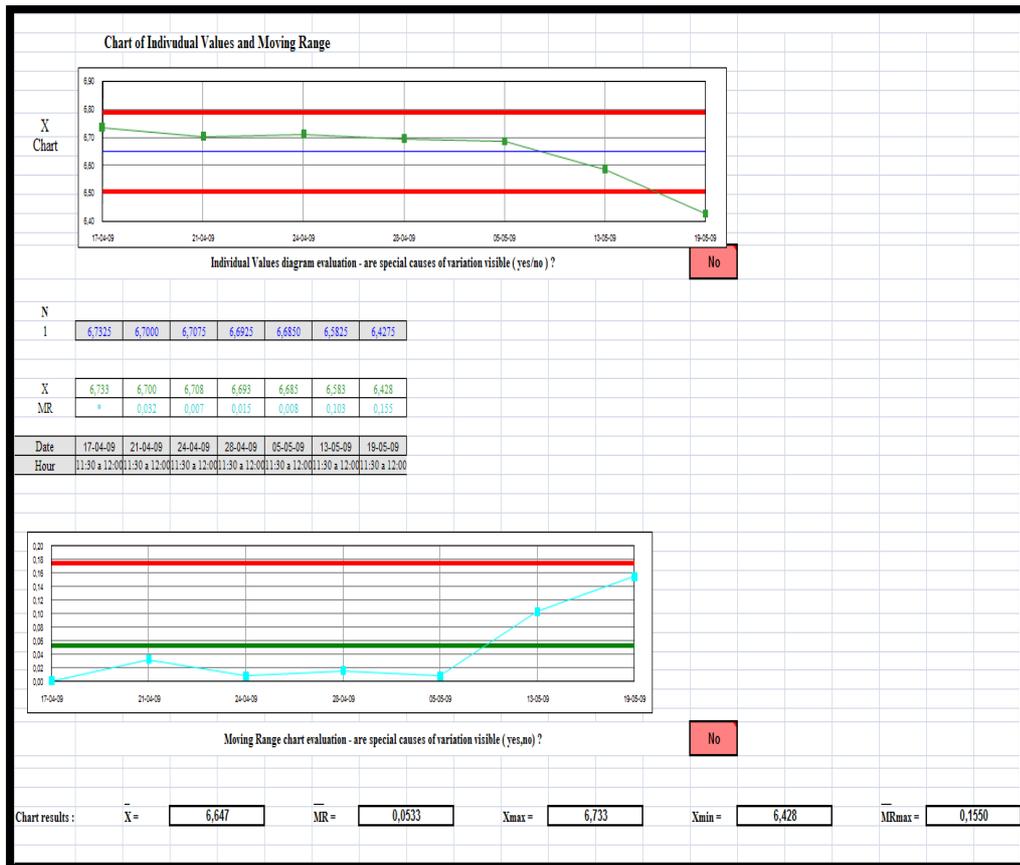


Gráfico 28 - Carta de Controlo do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do Nozzle na Máquina SOLTEC VT13

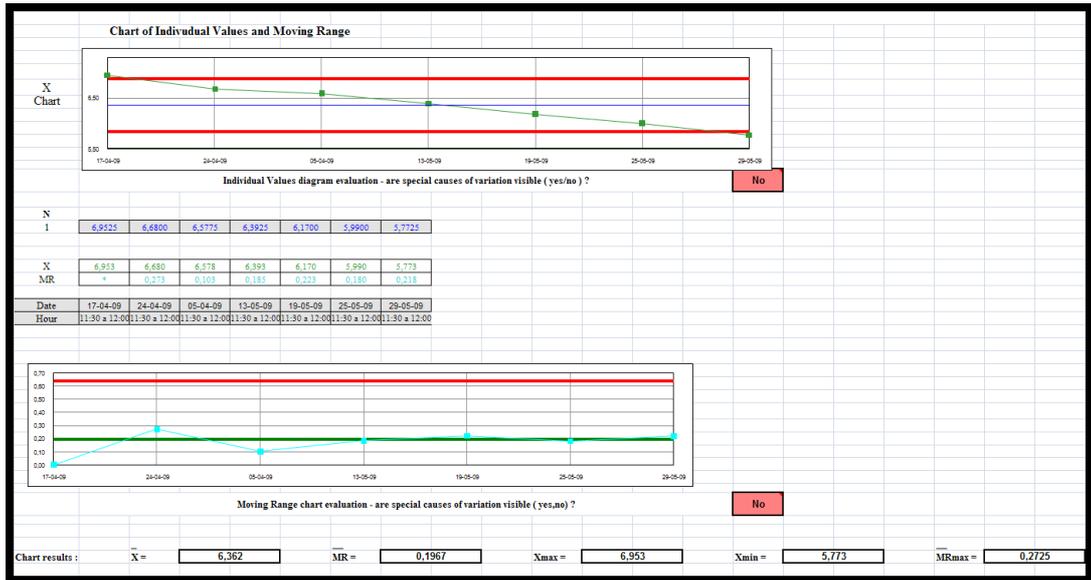


Gráfico 30 - Carta de Controle do tipo X MR para Estudo da Periodicidade de Substituição do *Nozzle* na Máquina SOLTEC VT14

**Anexo E**  
*Fase de Controlo*





		<b>Folha Registo Parametros Selectivas 45 Lead Free</b>															
Selectiva 45 VT02		Linha 4				DOC TEF8_PA_S2_09											
Tipo de Controlo		Check List															
Período		Valor Esperado															
1 Pressão Nitrogénio Tanque		30 L/m +/-10 L/min															
2 Temperatura do tanque		250 °C +/- 10°C															
LEGENDA																	
D - diario																	
S - Semanal																	
		Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado		Domingo		Rubrica	
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Descrição		Semáforos															
1. Ver pressão do nitrogénio tanque Método: Visualizar o valor no mostrador. Se houver desvio, corrigir.																	
2. Medir temperatura da solda Método: colocar sonda com termopar no tanque em linha com o furo e medir com a ajuda do Fluke a temperatura da solda no tanque. Se não se encontrar conforme o standard, rectificar.																	
OBSERVAÇÕES																	

TEF 8      Título: Folha Controlo Parametros Selectivas 45      Data de Criação: 02-06-2009      Index: 01  
 Criado por: Germano Lopes      Aprovado por: Daniel Vieira

Gráfico 33 - Instrução de Trabalho para Novo Método de Medição da Temperatura nas Máquinas de Soldadura Selectiva SOLTEC