

ESTUDO DO USO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA O CONTROLE DE CORDÕES DE SOLDA EM PEÇAS NO SETOR AUTOMOTIVO

Lorena Motta Arnaldo (SENAI CIMATEC) lohmotta@hotmail.com¹

RESUMO

A soldagem representa uma das mais importantes etapas no processo de fabricação de peças do setor automotivo. Durante a soldagem, podem ocorrer defeitos que, quando não detectados, colocam o desempenho do produto em risco. Este artigo apresenta um estudo de caso onde o fabricante utiliza métodos e ferramentas da qualidade para coleta de dados, direcionamento das ações, controle e determinação da causa raiz da não conformidade em cordões de soldas produzidas pelo processo MAG no eixo traseiro de um automóvel. Após o uso de métodos como PDCA, 5 porquês, Ishikawa e ferramentas como *brainstorm* e Diagrama de Pareto, a causa raiz do problema foi identificada como sendo o pino de fixação. A causa raiz foi comprovada com a continuidade da análise, onde as mesmas mostram o decaimento das não conformidades nos cordões analisados.

Palavras-chave: Ferramentas de qualidade, soldagem, peças automotivas.

1 INTRODUÇÃO

A competitividade foi enaltecida no decorrer dos anos devido ao processo de globalização e aumento de empresas com produtos similares, exigindo assim o desenvolvimento de um diferencial que satisfaça as exigências dos clientes, também crescentes e sempre em trânsito, para que se consiga manter uma estabilidade no mercado.

O desenvolvimento de novas ideias assim como o gerenciamento de gestão de qualidade eficiente e eficaz aprimora o produto, efetiva a produção, otimizando os lucros e fidelizando os clientes, acirrando ainda mais a competição entre as empresas, de forma que, com a alta concorrência e exigência no mercado

consumidor é preciso ficar atento às não conformidades e buscar meios de solucioná-los antes das mesmas chegarem aos clientes, de forma a não comprometer a confiabilidade entre fornecedor e cliente.

Dessa forma, para que haja efetivamente um aumento de qualidade é importante manter um monitoramento de processo, coletando dados que poderão fornecer informações essenciais para a identificação de falhas.

Para que haja uma identificação de falha eficiente são comumente utilizados softwares como Minitab, métodos como PDCA, 5 porquês, Ishikawa e ferramentas como *brainstorm* e Diagrama de Pareto para que se obtenha uma resposta certa e eficaz no assunto.

De forma que tem-se como método o caminho lógico estruturado na forma de uma seqüência de etapas previamente definidas para se chegar ao resultado esperado, enquanto as ferramentas são instrumentos de trabalho, ambos auxiliando no controle da qualidade.

Esses métodos e ferramentas possuem um amplo campo de atuação, podendo ser observado em gerenciamento de processos industriais (LEONEL, 2008), no controle de qualidade e análise de falhas de soldas de estruturas metálicas (CAMARGO & FERREIRA & PORCIÚNCULA, 2017), na indústria automobilística (NEVES, 2007), no ramo de autopeças (TRIVELLATO, 2010), no controle de solda, dentre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo FEIGENBAUM (1994), a evolução da qualidade passou por grandes marcos até chegar ao gerenciamento da qualidade. Entre eles pode-se destacar o surgimento, por volta da década de 1924, de gráficos de controle estatístico do processo, marcando a transição da postura corretiva para a proativa de prevenção, monitoramento e controle. Dessa forma o conceito de melhoria contínua foi implantado.

PALADINI (2010) demonstra que a gestão da qualidade é importante pelo fato de focalizar toda atividade produtiva para o atendimento do consumidor, levando em consideração os itens relevantes para o mesmo, ao mesmo tempo em que se é

investido no processo produtivo e monitorado as necessidades e preferências do cliente, verificando se as mesmas se mantêm ou se modificam, de forma a atendê-las cada vez melhor.

BOMBARDA (2008) afirma que a competição no mercado de trabalho é crescente devido às empresas investirem na diversificação da produção e na gestão da qualidade de seus produtos, pensando também na redução de custos, de forma a manter os clientes e atrair outros mais. Assim, deve-se a todo custo, evitar problemas com esses produtos.

PARKER (1995) faz uma analogia numa situação de guerra, onde o inimigo é o problema. Para ele o método é o plano estratégico desenhado para vencer o inimigo utilizando o mínimo de recursos, onde estes recursos são comparados às ferramentas necessárias para que haja a derrota desse inimigo. Segundo JURAN (1992) o problema é um desvio da característica de qualidade, fazendo com que um produto associado não satisfaça às exigências de uso. De acordo com KEPNER & TREGOE (1981) a solução de problemas é um processo que segue uma seqüência lógica.

Métodos como 5 porquês, Ishikawa e PDCA auxiliam na resolução de problemas onde, de forma resumida, SILVA (2006) afirma que a metodologia PDCA é um método de gestão que representa o caminho por onde as metas delineadas sejam alcançadas, enquanto WERKEMA (1995) conceitua o Ciclo PDCA como um método gerencial de tomada de decisões para o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. CAFFYN (1999) conceitua a melhoria contínua como um amplo processo cujo foco é a inovação incremental de toda uma organização.

A palavra método possui a origem é grega, significando "o caminho para se chegar a um ponto além do caminho" (CAMPOS, 1992). Em outras palavras, pode-se dizer que método é um conjunto de princípios estipulados para a execução de processos de trabalhos ou atividades. Já as ferramentas são técnicas utilizadas para se atingir determinado objetivo, onde seu uso possibilita objetividade e clareza no trabalho, além de uma administração através de fatos em busca da resolução do problema e da melhoria contínua do processo. De forma que serão utilizados ao longo do trabalho os métodos e ferramentas:

- O Ciclo PDCA: Método a ser adotado para a tomada de decisão na solução do problema e melhoria contínua do produto e processo sendo esta etapa subdividida em Planejamento (P - Plan), Execução (D - Do), Verificação (C - Check) e Atuação Corretiva (A – Action), conforme figura 1.

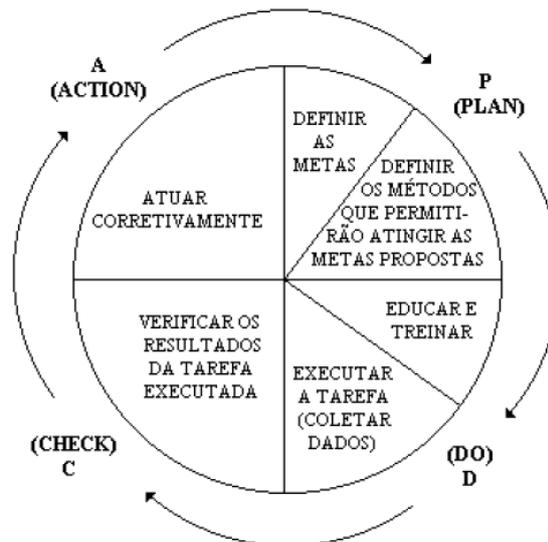


Figura 1: Ciclo PDCA. Fonte: SILVA (2006).

- O Diagrama de Ishikawa: também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, é um método utilizado para evidenciar as prováveis causas da falha. Kaoru Ishikawa (1986) foi um dos pioneiros nas atividades de controle de qualidade no Japão. Este diagrama consiste de uma técnica visual que interliga os resultados (efeitos) com os fatores (causas), sendo divididos em seis espinhas: Método, Medida, Mão de Obra, Meio-ambiente, Máquinas, e Matéria prima.

- O método dos 5 porquês: É utilizado para determinar a verdadeira causa raiz do problema, sendo desenvolvido e aprimorado pela Toyota e possuindo como criador Taiichi Ohno (1988). Esse método possui o início de sua análise na formulação do por que cinco vezes para determinação do acontecido.

- O *brainstorm*: É uma ferramenta de grande importância na determinação de causas raízes e resolução de problemas. Desenvolvida em 1930, baseia-se em dois princípios básicos. O primeiro princípio trata-se da suspensão do julgamento, que

requer esforço e treinamento, permitindo a possibilitando da criação e expressão das ideias sem medos ou receios quanto a críticas, onde, somente após a geração das idéias poderá ser feito um julgamento individual de cada ponto apresentado, analisando-se então, prós, contras e efetividade dessas ideias. O segundo princípio sugere que quanto maior for a quantidade de idéias, independente da “genialidade” das mesmas, maior será a chance de se encontrar uma solução, conexão ou associação plausível para uma resolução para o modo de falha (BRASSARD, 1994), de forma que se faz necessária a presença de um time diversificado para que seja possível a presença de diferentes visões para um mesmo assunto.

- O diagrama de Pareto: Criado por Vilfredo Pareto, mas interpretado e amplamente divulgado por Joseph Juran (1950), trata-se de um ferramenta da qualidade com gráfico de barras que ordena as freqüências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas. É utilizado para dados qualitativos.

Portanto o presente artigo visa demonstrar o uso de softwares como Minitab, métodos, como o PDCA, 5 Porquês, Ishikawa e ferramentas como *brainstorm* e Gráfico de Pareto para o controle de qualidade na análise, desenvolvimento e definição da causa raiz de uma não conformidade, assim como definição das prioridades para ações de correção e prevenção contra a recorrência da não conformidade em cordões de soldas feitas pelo processo MAG no eixo traseiro de um automóvel, este sendo a linha base para a estabilidade veicular, responsável por suportar as rodas traseiras, garantindo a segurança e estabilidade do veículo.

O eixo traseiro do automóvel e é feito com uma liga de ferro, mais precisamente uma liga de aço-carbono 1020 (ASKELAND & PHULÉ 2008), conforme exemplificado na figura 2 abaixo.



Figura 2: Exemplo de eixo traseiro automotivo. Fonte: Imagem de internet (2017).

O processo de soldagem utilizado foi o processo denominado MAG (*metal active gas*) onde, conforme WAINER, BRANDI & MELLO (2004), utilizam como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo e a peça a soldar. A proteção da região de soldagem é mantida por um fluxo de gás ativo. O processo utilizado foi automatizado. A operação possui a fonte de soldagem do tipo transistorizada de marca Fronius TPS 4000/5000, Material de adição AWS A5.18 ER70S-6 de diâmetro 1,2mm com gás de proteção 85%Ar + 15%CO₂.

A empresa consta com dois principais testes de controle de qualidade, o teste de arrancamento e o de macrografia.

O teste de arrancamento é utilizado para avaliar a qualidade dos cordões de solda de forma visual, dessa forma o mesmo possui pouco ou nenhum instrumento de medição atrelado ao seu processo, possuindo como principal equipamento a máquina de tração, responsável por realizar o arrancamento dos cordões de solda da peça. A partir desse teste é possível perceber uma gama de não conformidades, como as exemplificadas na figura 3 abaixo.



Figura 3: Exemplo de guia visual de análise de teste de arrancamento.

Fonte: Arquivo da empresa (2015).

O teste de macrografia requer mais tempo do que o de arrancamento devido a sua análise mais detalhada e, principalmente, da sua preparação. O teste de macrografia necessita que a peça seja cortada em pequenos pedaços, de forma a se analisar cordão a cordão, no início, meio e fim do mesmo. Esse processo exige bastante tempo, onde a análise também é dispendiosa. Entretanto este teste fornece um resultado muito mais detalhado e profundo quando comparado ao teste de arrancamento. A análise de qualidade desses cordões deve ser feita com o auxílio de um microscópio e software de imagem próprio para a análise (Figura 4).



Figura 4: Equipamento necessário para o teste de macrografia.

Fonte: Arquivo da empresa (2015).

Com o auxílio do microscópio e do guia visual (Figura 5) se faz possível realizar as medições de penetração, mordedura, perna, seção resistente - também chamada de linha de ruptura - dentre outros.

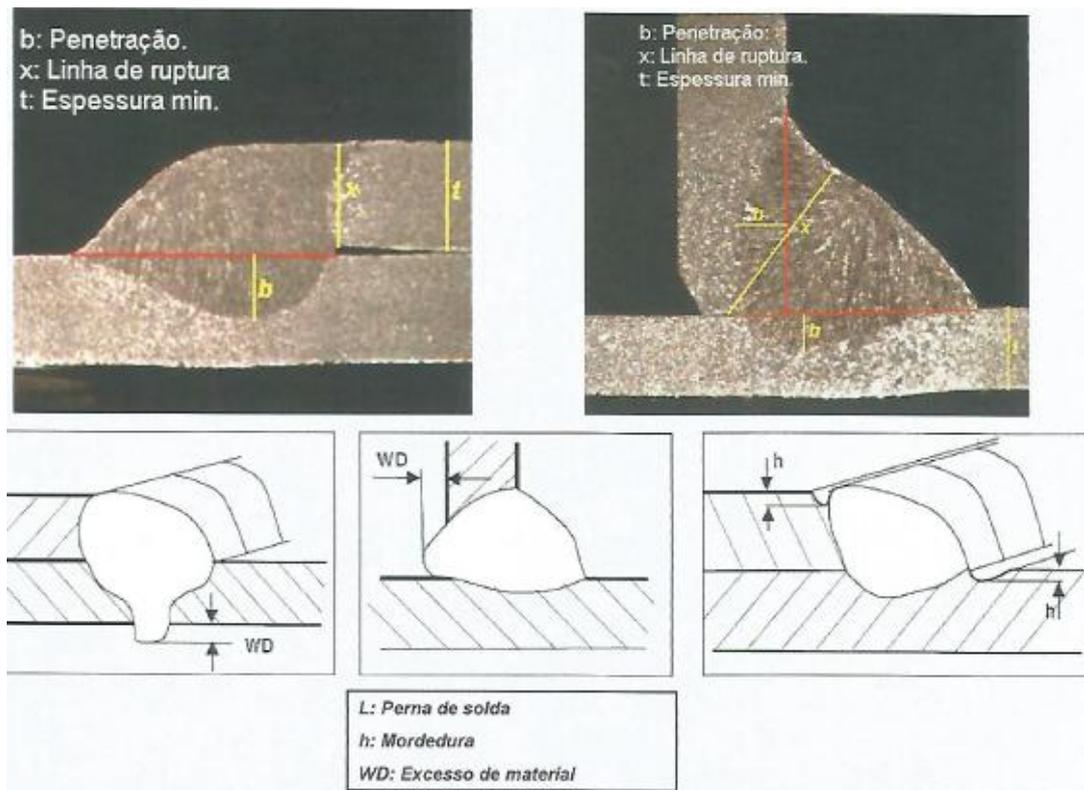


Figura 5: Guia visual para medição de requisitos dos cordões de solda.

Fonte: Arquivo da empresa (2015).

3 JUSTIFICATIVA

A falha no cordão de solda prejudica e chega a incapacitar a utilização da peça no veículo, gerando gastos para o fornecedor e insatisfação para o cliente, de forma que se faz necessário uma gestão de qualidade eficiente. O alto índice de descarte de peças, assim como a grande perda de produtividade devido a paradas de linha e a crescente necessidade de uma melhora no controle de qualidade foram os principais motivadores do estudo de caso.

4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado durante o período de seis meses utilizando ferramentas de qualidade em conjunto com o Microsoft Excel com o intuito de direcionar os esforços para a correção de problemas de qualidade em cordões de solda.

A empresa, de acordo com a análise de engenharia e o embasamento do contrato junto ao cliente, possui um cronograma de inspeção e validação da qualidade da solda nos pontos críticos e essenciais para a segurança e funcionamento dos produtos finais.

O estudo de caso foi direcionado somente ao principal produto da empresa, sendo este um eixo traseiro veicular, pelo fato do mesmo ser o produto de maior volume e com o maior cronograma de controle de qualidade.

Foi definido como principal parâmetro de controle de qualidade, para o presente estudo, os testes de macrografia. Os testes para este componente são realizados dentro do laboratório com o uso de um microscópio com capacidade de captura de imagem com aumento de até 200 vezes e auxílio de um software de análise de imagens. O software é capaz de capturar a imagem e realizar a medição de suas propriedades de acordo com a orientação do usuário, tornando possível verificar a presença das principais discontinuidades: baixa penetração, mordedura, seção resistente insuficiente, perna insuficiente, excesso de solda, poros. Todas as informações coletadas com o auxílio desse software são alimentadas em uma planilha Excel contendo os requisitos mínimos e máximos de cada cordão, levando em consideração, também o nível de criticidade dos cordões de solda, sendo eles

classificados como cordões críticos (CC), com significância alta (SC), com significância baixa (K) e não significativo (U).

Em caso de não conformidade no cordão de solda, a ação se define como corretiva programada, devido a necessidade de análise da operação em que a mesma ocorre, também a visualização da causa raiz do problema, paralização da linha e ação em cima do item não conforme apresentado durante o teste. Após a correção feita em linha, um novo teste é realizado em cima do cordão não conforme, verificando se o mesmo foi corrigido ou não.

A identificação da causa raiz é realizada com o auxílio dos métodos da qualidade onde o Ciclo PDCA se encontra em todas as etapas, desde o planejamento do estudo de caso, a coleta de dados, análise dos mesmos e tomada de ação, denominada etapa “D”, que conta com o uso do software Minitab e a ferramenta do gráfico de Pareto para determinação da priorização do problema; e com o diagrama de Ishikawa, em conjunto com a ferramenta de *brainstorm*, para levantamento das potenciais causas raízes, os 5 porquês serão utilizados para determinar a verdadeira causa raiz do problema, trabalhando em cima da potencial causa raiz determinada e mantida pelo Ishikawa. A checagem, etapa “C”, pode ser verificada através do Excel, e a etapa “A” deve ser tomada em conjunto com todo o time, de forma a avaliar a padronização do processo e/ou início de um novo estudo.

5 RESULTADOS

Com o uso do Excel, iniciaram-se as análises sobre onde seria o início do processo de investigação da causa raiz. Na figura 6 está claro que os cordões de classificação S são os que se encontram com maiores não conformidades, entretanto o nível de criticidade se torna exponencialmente maior ao se avaliar os cordões de classificação CC, assim, estes cordões foram priorizados na análise.

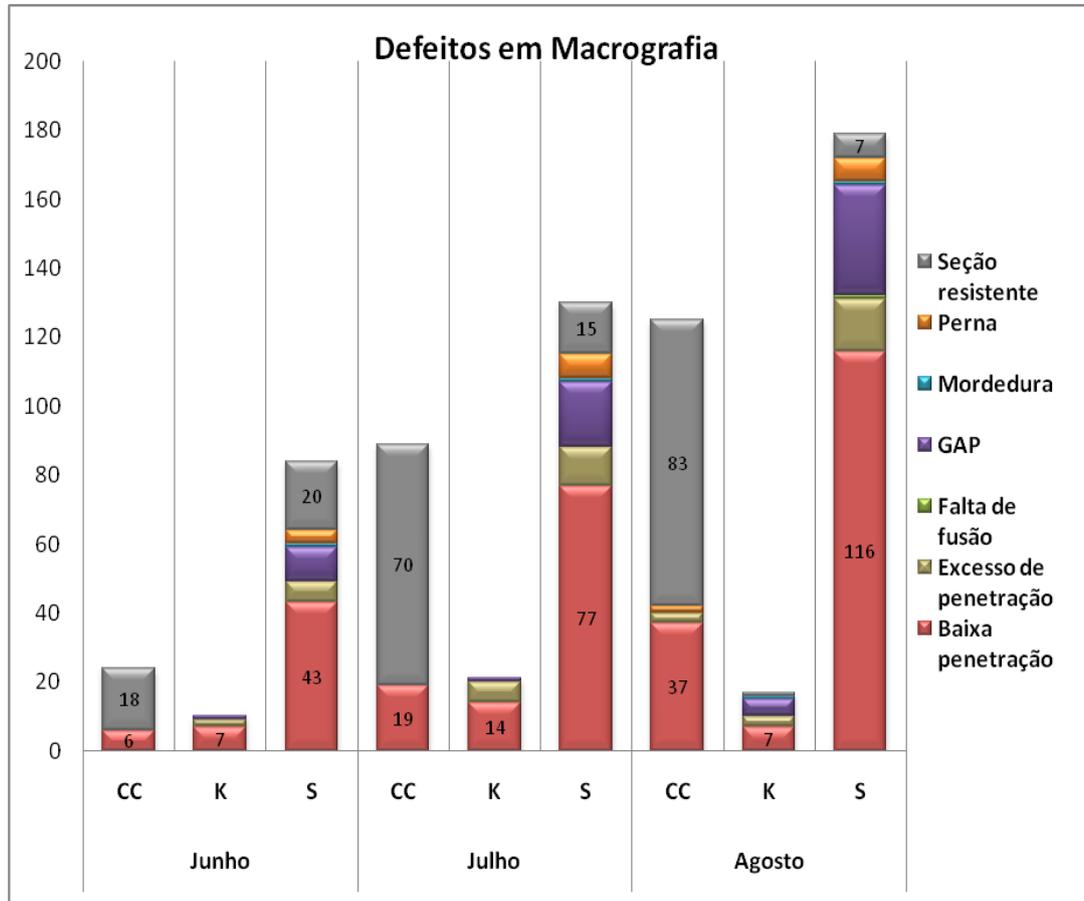


Figura 6: Relação de defeitos de Macrografia. Fonte: Arquivo da empresa, Excel (2015)

Analisando-se a tendência de não conformidade dos cordões CC (Figura 7) percebe-se que a seção resistente está como o principal problema, seguido pela baixa penetração.

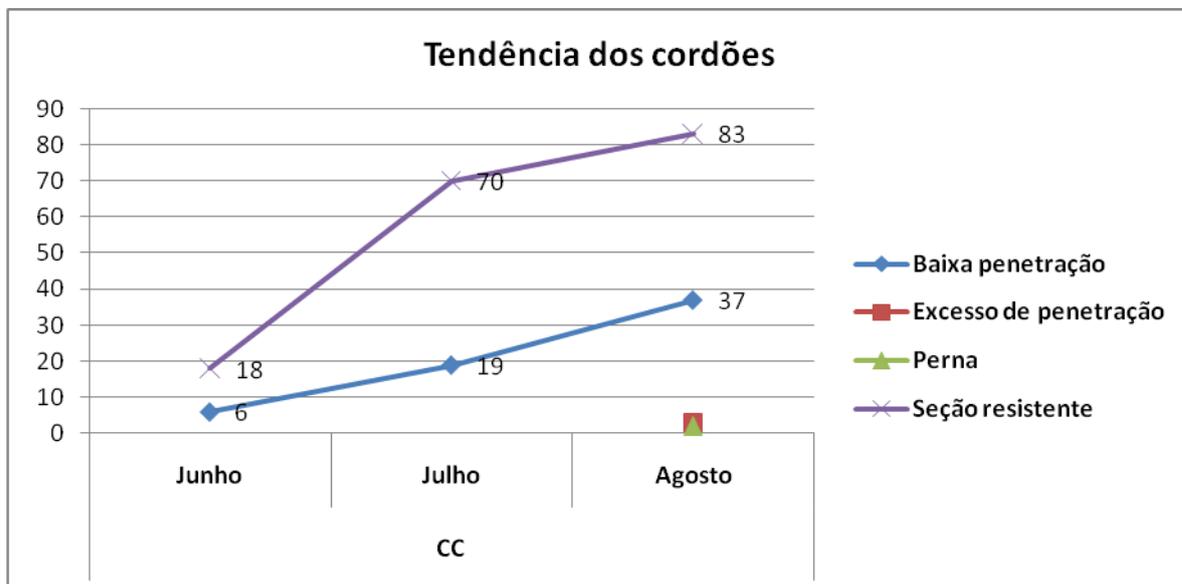


Figura 7: Gráfico de tendência de não conformidade dos cordões de classificação CC.

Fonte: Arquivo da empresa, Excel (2015)

Esta afirmação pode ser comprovada figura 8, onde o gráfico de Pareto, obtido pelo software Matlab, demonstra que a seção resistente se encontra em primeira posição, com 65,9% seguido da baixa penetração 32,8%.

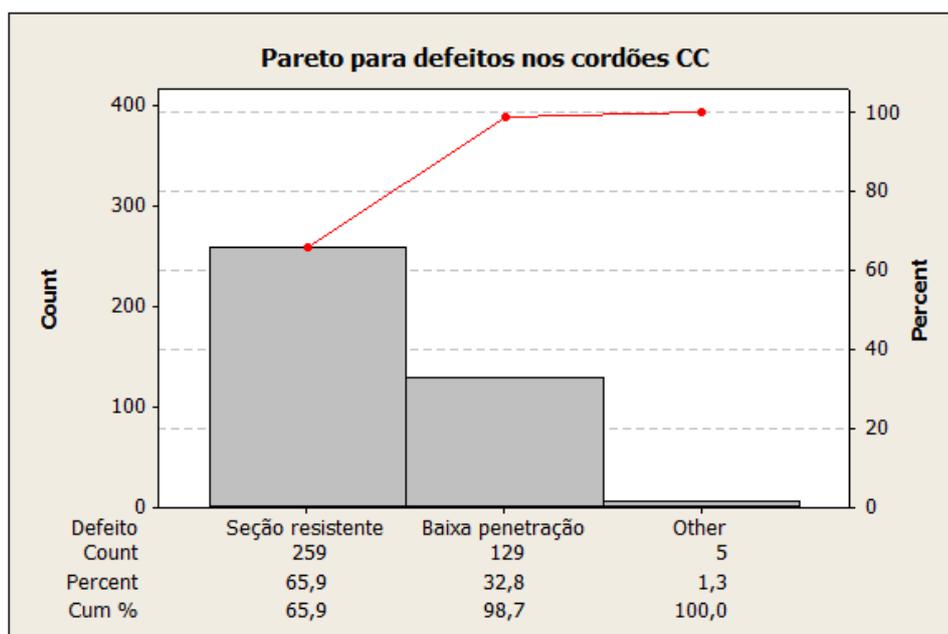


Figura 8: Gráfico de Pareto das não conformidades dos cordões CC.

Fonte: Arquivo da empresa, Matlab (2015).

Dessa forma os métodos de qualidade serão direcionadas a avaliar a causa raiz das não conformidades dos cordões CC, sendo eles numerados de 9, 10, 11 e 12, podendo esses cordões serem exemplificados na figura 9 abaixo.



Figura 9: Exemplo do posicionamento dos cordões CC em eixo semelhante.

Fonte: Imagem de internet (2017)

Entretanto é preciso entender mais a fundo o problema e o fluxo de processo, de forma que, analisando o mesmo junto a empresa, percebe-se que os cordões 9,10,11 e 12 são produzidos em uma mesma operação. A partir de então se utilizam os métodos da qualidade a fim de descobrir a causa raiz da não conformidade e, para isto, utiliza-se o Diagrama de Causa e Efeito (Figura 10) com o auxílio da ferramenta da qualidade *brainstorm*.

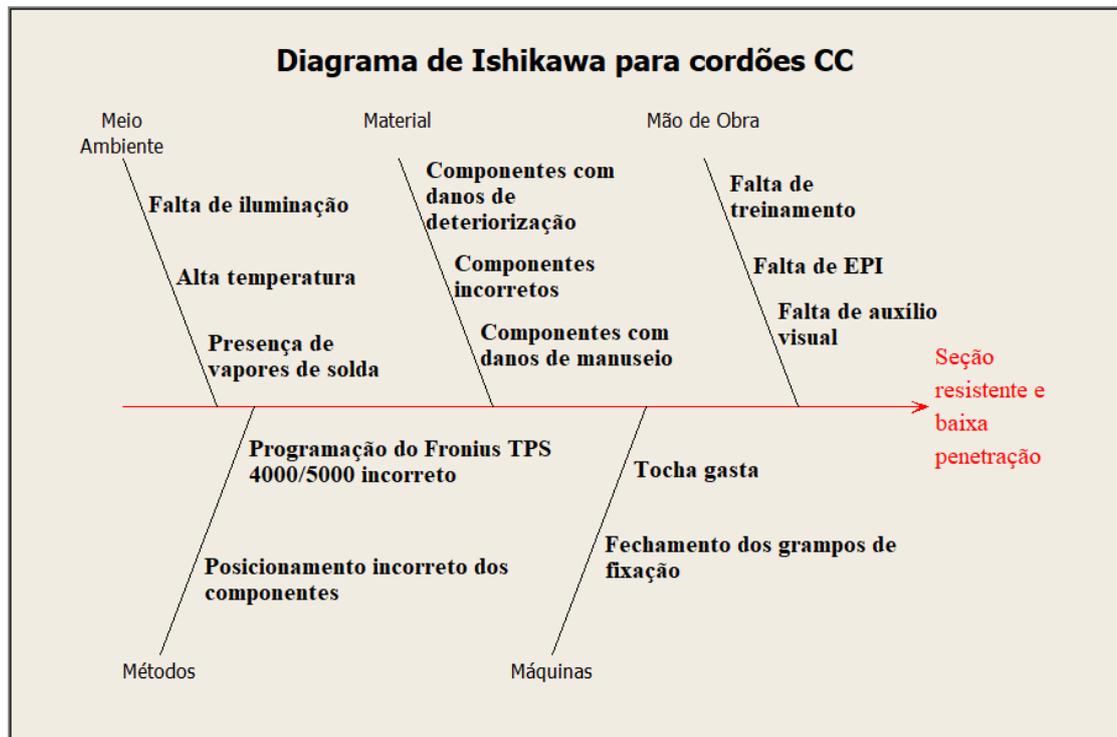


Figura 10 – Diagrama de Ishikawa para o processo dos cordões CC.

Fonte: Arquivo da empresa, Matlab (2015)

Ao evidenciar os potenciais influenciadores da causa raiz, foi verificado, item a item, conforme tabela 1, quais eram pertinentes, possuíam controle, se aplicavam aos cordões em questão ou não, de forma que se manteve o fechamento de grampo de fixação no processo.

Tabela 1: Análise dos potenciais de causa raiz do diagrama de Ishikawa

X	Causa potencial	Análises/ Teste	Status
X01	Fechamento dos grampos de fixação	Teste junto a máquina	Mantido
X02	Tocha gasta	Verificação junto á maquina e ao planejamento de manutenção	Descartado
X03	Posicionamento incorreto dos componentes	Avaliação de treinamento de operador e pino guia	Descartado
X04	Programação do Fronius TPS 4000/5000 incorreto	Avaliação de programação	Descartado
X05	Falta de treinamento	Avaliação de controle de treinamentos	Descartado
X06	Falta de EPI	Avaliação de controle de EPI	Descartado
X07	Falta de auxílio visual	Auxílio visual disponível	Descartado
X08	Falta de iluminação	Iluminação disponível	Descartado
X09	Alta temperatura	Exaustor operante	Descartado
X10	Presença de vapores de solda	Exaustor operante	Descartado
X11	Componentes com danos de deteriorização	Avaliação de processo de recebimento	Descartado
X12	Componentes incorretos	Avaliação de processo de recebimento	Descartado
X13	Componentes com danos de manuseio	Avaliação de processo de recebimento	Descartado

Fonte: Arquivo da empresa, Excel (2015)

Dessa forma utiliza-se o método dos 5 porquês (Figura 11) para identificar a causa no funcionamento incorreto dos pinos de fixação.

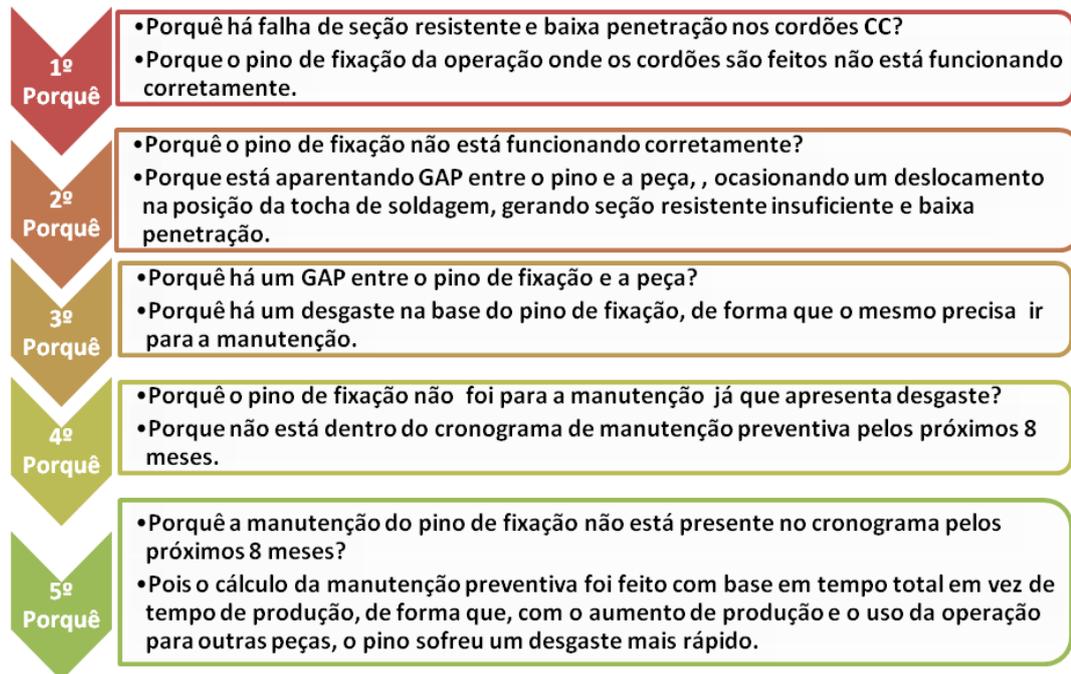


Figura 11: 5 porquês sobre causa raiz das não conformidades dos cordões CC.

Fonte: Arquivo da empresa, Excel (2015)

A partir do resultado dos 5 porquês têm-se a ação corretiva no pino de fixação, iniciando-se, também, um novo estudo para o cálculo do novo cronograma de manutenção preventiva e estendendo o estudo para os outros cordões.

Após a realização da manutenção dos pinos de fixação se torna visível a queda das não conformidades, em específico as não conformidades dos cordões em análise durante esse estudo, de forma que não houve não conformidades destes cordões no mês de Setembro (Figura 12). Também é possível notar um acréscimo das não conformidades a partir do mês de Outubro. Esta tendência de crescimento é verificada devido ao pino de fixação começar novamente apresentar um GAP, de forma que é imprescindível uma análise mais robusta do cálculo de manutenção desse item.

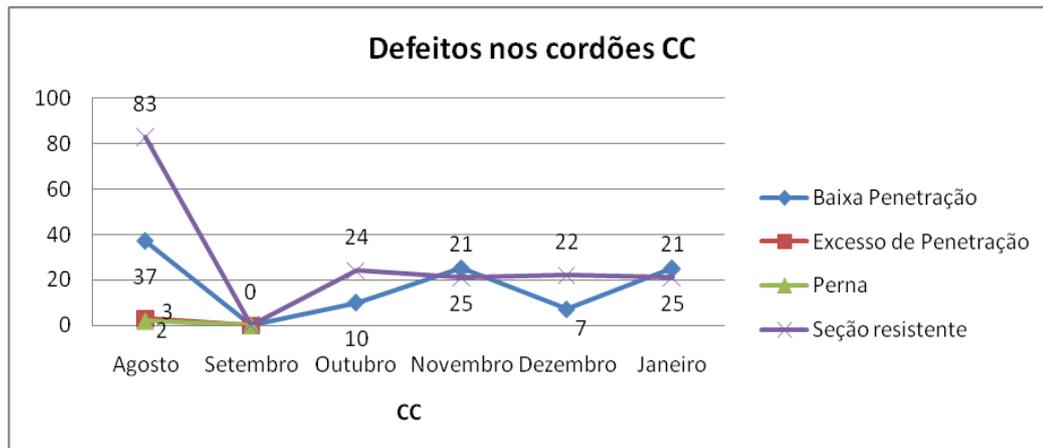


Figura 12: Gráfico de tendência das não conformidades nos cordões CC.

Fonte: Arquivo da empresa, Excel (2016)

Conseqüentemente pode-se perceber também a melhora a partir do comparativo visual entre as peças, conforme figura 13, onde percebe-se que a figura da esquerda, peça apresentando a não conformidade, possui uma grande perna vertical e uma baixa penetração na fusão com o material de base horizontal, o que caracteriza um mal posicionamento da tocha de solda, de forma que a mesma está mais direcionada para a o material de base vertical, ocasionando uma grande penetração na mesma com uma grande perna e uma baixa penetração na horizontal e, conseqüentemente, uma seção resistente baixa. Enquanto que na figura da direita, peça conforme após a troca do pino de fixação, percebe-se um melhor posicionamento da tocha de solda, de forma a possuir uma boa penetração em ambos materiais de base, assim como uma boa seção resistente. Todos esses parâmetros são medidos através do softwares e comparados com os critérios de aceitação do cordão, onde cada cordão possui o seu próprio critério de aceitação.

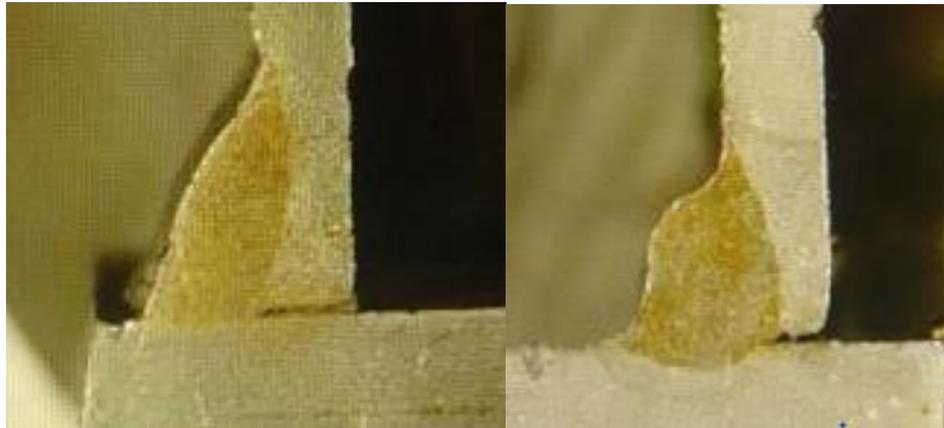


Figura 13: Comparativo entre soldas conformes e não conformes, da direita para a esquerda.

Fonte: Arquivo da empresa (2015).

Outro ponto a se analisar é o custo de tal estudo e ações relacionadas a tal, onde se deve considerar que uma não conformidade em cordões de classificação CC é não passível de retrabalho, pois sua solda esta ligada a itens de segurança. Portanto, como a não conformidade só é visualizada ao fim da produção, o eixo deve ser direcionado para descarte.

Em casos extremos, tomando como base o custo por peça. Temos o custo de manutenção do pino de fixação 10 a 12% superior ao custo de uma peça. Desta forma, seria investido em manutenção menos do que 1% do valor total perdido com o descarte das peças.

Portanto é possível perceber a necessidade de uma manutenção efetiva nos equipamentos, assim como um bom uso das ferramentas da qualidade a fim de evitar não conformidades, evitar desperdícios e perdas de produção e, também, preservar o bom relacionamento entre cliente e fornecedor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo compreender o desenvolvimento do uso de ferramentas da qualidade com o objetivo de determinar e agir na causa raiz do problema. O uso dos métodos e ferramentas da qualidade permitiu analisar o problema desde seu efeito até a sua causa raiz, determinando ações e procedimentos com o intuito de sanar o problema e evitar a recorrência do mesmo.

No levantamento de dados das não conformidades foi possível direcionar as ações de forma a atacar os itens com maior criticidade, avaliando seus potenciais de causas raiz e agindo de forma a comprovar a eficiência de tal causa. Outro fator importante é a não estagnação do estudo, de forma a mantê-lo e estendê-lo para os outros cordões de solda, assim como implementar a realização da manutenção de forma mais robusta e, como possibilidade futura, pesquisar a viabilidade de mudança de processo e/ou material dos pinos de fixação de forma a fazê-los atender melhor a nova demanda de produção.

Portanto, pode-se observar por meio deste estudo, que as ferramentas da qualidade, assim como os métodos e softwares, são importantes aliados na batalha de eliminação de problemas com causas raízes não óbvias, de forma a possibilitar a redução de desperdício e o aumento da qualidade e confiabilidade no processo de soldagem.

QUALITY METHODS AND TOOLS STUDY FOR WELDING BEADS CONTROL IN AUTOMOTIVE PARTS

Lorena Motta Arnaldo (SENAI CIMATEC) lohmotta@hotmail.com¹

ABSTRACT

Welding is one of the most important steps in the automotive parts manufacturing process. During welding, defects may occur and, if undetected, can put the product performance in risk. This paper presents a case where the manufacturer uses quality tools for data collection, action targeting, control and determination of the root cause of nonconformity in weld beads produced by MAG welding process on the rear axle of a car. After using methods such as PDCA, 5 whys, Ishikawa, and tools such brainstorm and Pareto Diagram, a problem's root cause was identified as being the pin of fixation. The root cause was proven with a continuity of analysis, where it shows a non-conformities decrease in the welding beads analyzed.

Keywords: Quality tools, welding, automotive parts.

REFERÊNCIAS

ASKELAND & PHULÉ, Ciência e engenharia dos materiais. Donald R & Pradeep P.2008.

BOMBARDA, Marcelo Antonio. Importância da integração das informações na implantação de um processo integrado de gestão (ERP): estudo de caso. 2008. 69f. Monografia (Graduação). Sistemas da Informação. Associação Educacional e Assistencial Santa Lúcia.

BRASSARD, Michael. Qualidade: Ferramentas para uma melhoria contínua. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1994.

CAFFYN, S. Development of a continuous improvement self-assessment tool. International Journal of Operations & Production Management, 1999.

CAMARGO & FERREIRA & PORCIÚNCULA, Rafael & Ariane & Gilson. Controle de Qualidade e Análise de Falhas de Soldas de Estruturas Metálicas na Indústria Offshore. 2016. 14p. Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas, RS, Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 21), 2017.

FEIGENBAUM, Armand V. Controle da qualidade total: gestão e sistemas. São Paulo: Markon, 1994.

JURAN, J. M. A Qualidade desde o Projeto, 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1992.

KEPNER & TREGOE, B. B. The New Rational Manager, Princeton Research Press, 1981.

LEONEL, Paulo Henrique. Aplicação prática da técnica do PDCA e das ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais para melhoria e

manutenção de resultados. 2008. 85p. Monografia – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008

NEVES, Thiago Franca. Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística. 2007. 56p. Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2007.

OHNO, Taiichi, O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala, Bookman, Porto Alegre, 1988.

PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da Qualidade: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PARKER, Graham W. Structured Problem Solving: A Parsec Guide. Hampshire: Gower, 1995.

SILVA, Jane Azevedo da; Apostila de Controle da Qualidade, I. Juiz de Fora: UFJF, 2006.

TRIVELLATO, A. A. Aplicação das Sete ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças. 2010. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

WAINER, BRANDI & MELLO, Soldagem: Processos e metalurgia. Emilio, Sérgio D. & Fábio D. H. Quarta edição 2004.

WERKEMA, M. C. C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni, UFMG, 1995.