

## Reestruturação do sistema de controle da qualidade no processo de soldagem em uma empresa do setor automotivo

Daniel Fiorott Oliveira <danielfiorott@ig.com.br>  
Fernanda Siqueira Souza <fe\_ssouza@producao.ufrgs.br>  
Carla Schwengber ten Caten <tencaten@producao.ufrgs.br>  
Morgana Pizzolato <morgana@producao.ufrgs.br>

*Resumo: A qualidade representa, hoje, uma das principais dimensões da produção. O aumento acentuado da concorrência faz com que o aprimoramento dos processos seja indispensável para que as empresas alcancem maiores fatias de mercado. Situado dentro do campo de Controle da Qualidade, este artigo apresenta uma reestruturação no sistema de controle de uma montadora automotiva dos seus processos de soldagem por resistência elétrica ou solda ponto, visando rever as frequências de inspeção, elevar o grau de padronização dos testes realizados, e estabelecer um controle do processo que forneça índices precisos da capacidade dos mesmos. Para tanto, faz uso da metodologia de solução de problemas e de controle estatístico de processo (CEP). Foram implementados um mapa de pontos de solda para orientar a realização de testes e o controle estatístico de processo associado a utilização de um cartão de avaliação. Foi desenvolvido um aplicativo para gerenciar as informações do controle de processo para comparar a capacidade dos diferentes processos e auxiliar na tomada de decisão. Como resultados deste estudo destacam-se a redução da incidência de problemas de solda em setores distantes da funilaria, aumentando a eficácia do sistema de contenção.*

*Palavras-Chave: Controle de Qualidade; Solução de Problemas; Controle Estatístico de Processo (CEP); setor automotivo; soldagem.*

## Restructuring the system of quality control in the process of welding in an automotive company

*Abstract: The quality today represents one of the major dimensions of production. The increase of competition makes the improvement processes is essential for companies to achieve higher market share. Situated within the field of Quality Control, this article presents restructuring in the control system of a automotive assembly plant in its procedure for resistance electrical or welding point, aiming to review the inspection frequencies, raise the degree of standardization of tests, and establish control process that provides the precise process capability indices. To Therefore, the methodology makes use of problem solving and statistical process control (SPC). We implemented a map of points solder to guide the testing and statistical control process associated with the use of a card evaluation. An application to manage the information of process control to compare the ability of the different processes and auxiliary in decision making was development. The results of this study highlight the reduction incidence of problems in areas distant from the weld bodywork, increasing the effectiveness of the containment system.*

*Keywords: Quality Control, Problem solution; Statistical Process Control (SPC); automotive; welding.*

## **1. Introdução**

Nos últimos anos observa-se que os consumidores apresentam um perfil mais exigente, gerando uma maior competitividade entre as empresas de diferentes setores. O aumento da concorrência leva as empresas a procurarem suas vantagens competitivas, principalmente na área da qualidade (JUNIOR & OLIVEIRA, 2005). Com um mercado aquecido, mais exigente e mais competitivo, as empresas têm de encontrar meios de reduzir custos, aumentar sua produtividade, inovar e aprimorar a qualidade de seus produtos e processos.

Segundo Slack *et al.* (2000), a administração da qualidade não é mais vista somente como uma área operacional, mas sim, estratégica na empresa, devendo envolver todos os funcionários e diretores para um bom controle e garantia, promovendo uma contínua otimização dos processos e, conseqüentemente, um aumento dos lucros.

Uma forma de garantir a qualidade e garantir que um determinado trabalho foi realizado da melhor maneira possível é a padronização das atividades (LIKER & MEIER, 2007). Esta padronização, aliada com as ferramentas do Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma excelente forma de direcionar ações visando o aumento da qualidade dentro da empresa, servindo como um guia estratégico para garantir produtos em conformidades com as especificações de projeto, aumento, assim, os índices de capacidade.

O objetivo do presente artigo é apresentar uma reestruturação no sistema de controle de uma montadora automotiva dos seus processos de soldagem por resistência elétrica ou solda ponto, visando rever as frequências de inspeção, elevar o grau de padronização dos testes realizados, e estabelecer um controle de processo que forneça índices precisos da capacidade destes processos. A empresa encontrava dificuldades em conter de forma eficaz problemas da qualidade, bem como estruturar uma sistemática de gerenciamento de informação capaz de incentivar a melhoria contínua.

O artigo está estruturado em sete seções. Além desta introdução, a segunda seção apresenta uma revisão bibliográfica que abrange o Controle Estatístico de Processo. A terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para atingir os resultados deste estudo. O detalhamento do processo produtivo em questão, bem como informações pertinentes relacionadas a gestão da empresa e os procedimentos adotados na coleta e na análise das informações, são apresentados na seção quatro. A quinta seção contempla a aplicação das metodologias de solução de problemas e os resultados obtidos são apresentados na sexta seção. A última seção resume as principais conclusões do trabalho.

## **2. Controle estatístico do processo**

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma técnica estatística desenvolvida para medir e analisar a variabilidade dos processos. As ferramentas mais importantes desta técnica são os gráficos de controle e os índices de capacidade, utilizados com objetivos diferentes.

Segundo Montgomery (2004), os gráficos de controle são as ferramentas fundamentais para o monitoramento do processo, examinando a variabilidade dos dados ao longo do tempo. Um processo é dito sob controle estatístico quando as causas especiais de variação são eliminadas, e os pontos plotados do gráfico de controle permanecem dentro dos limites de controle.

Os gráficos de controle propostos por Shewhart são classificados em: variáveis e atributos. Uma característica de qualidade que é medida em uma escala numérica é chamada

de variável, enquanto que uma classificação de produtos não-conformes ou não-conformidades é chamada de atributos. A escolha do gráfico adequado, de acordo com o conjunto de dados estudados, é muito importante para não obter conclusões errôneas sobre o processo (SOUZA *et al.* 2009). Dentre os estudos da literatura, destacam-se os trabalhos de Woodall (1997), Schissatti (1998) e Fiterman *et al.* (2004).

Os gráficos de controle são de grande utilidade para verificar a estabilidade do processo, no entanto, é de extrema importância analisar a capacidade do mesmo, ou seja, verificar se o processo está ou não atendendo as especificações. Assim os índices de capacidade são ferramentas estatísticas utilizadas para este propósito. Observa-se que um processo pode estar sob controle estatístico, mas caso apresente variabilidade maior do que a amplitude das especificações será considerado como não capaz.

Os índices de capacidade mais utilizados e difundidos são o  $C_p$  (índice de capacidade potencial) e o  $C_{pk}$  (índice de capacidade efetiva). O índice  $C_p$  e o índice  $C_{pk}$  para características do tipo nominal-é-melhor, são obtidos através das equações (1) e (2), respectivamente (MOTGOMERY, 2004).

$$\hat{C}_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (1)$$

$$\hat{C}_{pk} = \min(C_{pki}, C_{pk\bar{s}}) = \min\left(\frac{\bar{X} - LIE}{3\hat{\sigma}}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}\right) \quad (2)$$

Onde LSE e LIE representam, respectivamente, o limite superior de especificação e o limite inferior de especificação do cliente,  $\sigma$  representa o desvio padrão e  $\bar{X}$ , a média. Para maiores detalhes sobre os índices de capacidade tradicionais, destacam-se os trabalhos de Kotz e Jonhson (2002), Spiring *et al.* (2003) e Wu *et al.* (2009).

Se o processo for capaz, deve-se garantir que ele se mantenha capaz ou então se pode diminuir a faixa de especificações. Esta decisão garante que se busque a melhoria contínua do sistema (PAESE, 2000).

### 3. Procedimentos Metodológicos

Para reestruturar o sistema de controle de qualidade do processo de soldagem por resistência elétrica foi realizado um estudo aprofundado, estruturado em quatro etapas: (i) estudo do processo em análise; (ii) coleta de dados e informações; (iii) melhorias identificadas; e (iv) resultados e discussões obtidas.

Após o estudo do processo de verificação da qualidade da soldagem por resistência elétrica, realizou-se uma coleta de dados, onde se identificou as causas que levavam a contenções retardadas dos defeitos de soldagem e também se buscou oportunidades de melhoria para o tratamento dos problemas de qualidade. Inicialmente, cabe investigar o quão adequado está à forma de trabalho do time de teste de soldagem por resistência elétrica (principal responsável pela detecção de irregularidades no processo), frente à detecção e contenção de problemas. Com isso, realizou-se três coletas: (i) tempo médio de realização de um ciclo completo de testes; (ii) frequência adequada de realização de testes; e (iii) forma de condução das inspeções. Para estimar o tempo médio para cada uma das oito estações, foram coletados três tempos distintos com operadores do time de teste escolhidos ao acaso, visto que

um ciclo completo de testes ou rota compreende retirar a peça do varal (ou a unidade da linha), transportá-la até a estação de teste, efetuar o teste, e recolocá-la no local de origem.

A definição da frequência dos testes é importante para garantir que uma falha localizada no processo seja contida ainda nas instalações da funilaria. Para obter essa informação disparou-se um cronômetro no momento em que uma unidade estava passando pela estação de teste, parando-o no momento em que a unidade chegava ao início do túnel que conduz as unidades para fora do prédio da Funilaria. Após esta coleta, identificou-se as estações de teste com frequência inadequada, comparou-se, para cada rota, o tempo de ciclo total com o período mínimo necessário para a frequência de testes requerida pela velocidade da linha. Além de verificar o procedimento padrão utilizado pela equipe de testes na Funilaria, também se observou a forma como as inspeções eram conduzidas em outras plantas da organização.

De acordo com os dados da primeira etapa, realizou-se uma análise para verificação dos principais problemas e posteriormente, elaborou-se um plano de ação, a fim de permitir um aumento na frequência de testes das estações. Verificou-se também o procedimento padrão utilizado e detectaram-se causas de variabilidade na realização dos testes. Para avaliação das modificações na empresa, utilizou-se um sistema automatizado que computava as discrepâncias entre as estações em um software no momento em que elas eram apontadas pelos verificadores.

A principal limitação para mensurar a eficácia do trabalho reside no fato de a empresa não possuir uma estimativa dos custos que são gerados pela necessidade de retrabalho. Desta forma, o resultado do trabalho não será avaliado em termos financeiros.

Por fim, com bases nas implementações das melhorias identificadas na segunda etapa, foi possível analisar os principais resultados deste trabalho.

#### **4. Caracterização do processo de verificação da qualidade da soldagem por resistência elétrica**

O processo de montagem do veículo acontece em cinco atividades de manufatura: estamparia, funilaria, pintura, pintura de pára-choques e montagem geral. A linha que conduz o fluxo de uma unidade automotiva inicia na funilaria e termina na montagem.

O processo de soldagem por resistência elétrica (ou solda ponto) é realizado na funilaria e consiste em unir chapas metálicas em um determinado ponto através do calor provocado pela passagem de corrente elétrica na resistência formada por estas placas. A transferência de corrente se dá com dois eletrodos que pressionam as chapas na região onde se pretende formar um ponto. Ao cessar o pulso de corrente, os eletrodos permanecem na posição de pressão, enquanto a região aquecida rapidamente é resfriada e se torna sólida. Na seqüência, os eletrodos desfazem a posição de pressão e passam por um resfriamento.

Este processo é muito utilizado na indústria automobilística por ter alta produtividade e qualidade, tendo como principais parâmetros, a intensidade da corrente aplicada, o tempo de corrente aplicado e pressão imposta pelos eletrodos. Existem ainda outros fatores que diferenciam as condições de soldagem, como por exemplo, a quantidade de chapas que estão sendo soldadas, o alcance e o posicionamento que o braço do robô possui em relação ao ponto requerido; a espessura das chapas (que influi diretamente no tamanho do diâmetro requerido por norma para o botão de solda) e o revestimento de galvanização.

Apesar de ser realizado na funilaria, é comum encontrar nas unidades de verificação posicionadas ao final de processos subseqüentes (pintura e montagem), pontos de solda defeituosos. Essa situação gera transtornos e perdas para a empresa, que tem de retrabalhar unidades em locais inapropriados e gerenciar o deslocamento de mão-de-obra da linha para atividades de reparo. Aliado a isso, há a necessidade de aprimorar a metodologia de controle de informação existente, de forma a mapear a capacidade dos diversos equipamentos de solda de uma forma mais exata, que oriente ações gerenciais no campo da qualidade. Também é necessário considerar a amplitude da estrutura de verificação, e sua complexidade, uma vez que a extensão do processo aplica aproximadamente quatro mil pontos de solda em cada unidade produzida.

A verificação da qualidade do processo de soldagem por resistência elétrica é realizada pelo time de teste. Este time é responsável por verificar se o conjunto de máquinas de solda da funilaria está produzindo conforme a qualidade requerida, e faz uso, para tanto, de testes destrutivos e não-destrutivos com talhadeiras. O time trabalha dividindo-se em oito rotas que cobrem determinados pontos de teste (Figura 1). Cada rota é realizada por um operador e possui um ciclo de pontos a ser testado. Este ciclo tem de ser percorrido dentro do período de tempo suficiente para atender a freqüência de repetição pré-estipulada dos testes. Sempre que um operador do time de teste de solda encontra algum ponto de solda defeituoso, é responsabilidade sua acionar o facilitador do time de produção da respectiva área, que tem que rastrear as unidades produzidas com defeito e garantir, por vezes junto à manutenção, a resolução do problema de solda. Todas as células que são verificadas possuem um formulário que descreve a peça, e em alguns casos, descreve também os pontos que devem ser testados. Do registro deste formulário são construídas cartas de controle e calculados os índices de capacidade, sendo que toda célula possui uma carta de controle própria.

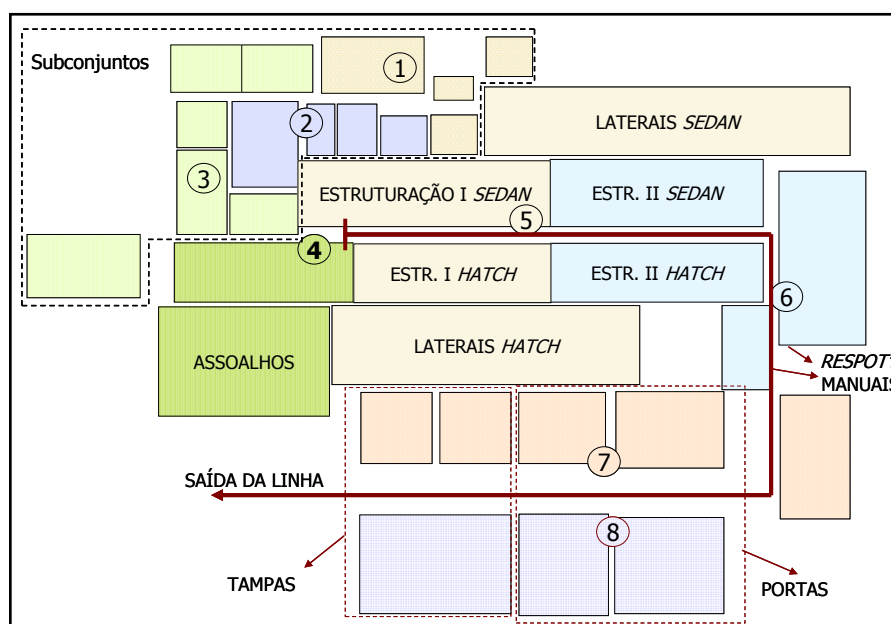


Figura 1- Distribuição inicial das rotas do time de teste de solda ponto

## 5. Melhorias identificadas

De acordo com os dados coletados (tempo médio, freqüência e forma de condução das inspeções), verificaram-se dois pontos de melhorias: transferências de responsabilidade e padronização dos testes. Partiu-se para uma estratégia de transferir parte da responsabilidade

de execução de testes para alguns times de produção. O método para selecionar quais testes poderiam ser repassados envolveu encontrar células onde houvesse ao menos uma estação de trabalho que pudesse ser isolada do restante das operações, ao menos em tempo suficiente para que o operador pudesse se ausentar e realizar o teste. Outro ponto de melhoria contemplava a padronização e sistematização dos testes. Foram realizadas observações nas áreas, acompanhado os operadores do time de teste de solda ponto no momento em que eram efetuados os testes. Desta forma foi possível verificar quais documentos o operador possuía a sua disposição, em que ele se baseava para a realização de um ciclo, e quais eram suas principais demandas de orientação. Alguns dos testes se mostravam bastante longos, sendo que foram detectadas duas importantes oportunidades de melhoria : o mapa de pontos e o controle estatístico de processo associado ao cartão de avaliação, implementados em um software,

A primeira melhoria identificada foi o planejamento de um mapa de pontos, que serviu como referência para a padronização dos testes. Este mapa baseou-se na experiência dos operadores e nas necessidades encontradas, sendo construído com o objetivo de ser um instrumento de gerenciamento visual, útil ao operador. Portanto, este mapa foi planejado para: atuar como uma fonte de instrução, consulta e orientação sobre quais pontos devem ser testados em um determinado ciclo de teste; promover informações que auxiliem na prevenção de problemas; ser flexível para poder ser modificado pelo próprio time da área; e servir como base de referência para estudos futuros de capacidade.

A delimitação da área piloto envolveu uma análise da quantidade de pontos de solda considerados críticos pela Engenharia de Produto em cada uma das estações de teste. Foram desenhadas sobre o macro-layout da Funilaria, as estações de trabalho que possuíam pontos críticos, Delimitou-se as áreas prioritárias para mapeamento com base na quantidade de operações (ou postos de trabalho) contendo pontos críticos, em cada célula. As rotas escolhidas foram as rotas cinco e seis, que cobrem aproximadamente 40% dos pontos de solda aplicados em uma carroceria, e possuíam os testes mais longos.

Outra melhoria identificada diz respeito ao Controle Estatístico de Processo (CEP) praticado na empresa. Foi definida a implantação da carta de controle para indicadores do tipo atributos que monitoram o número de peças não conforme às especificações.. Dada a falta de mecanismos mais precisos de verificação de qualidade, muitas vezes tornava-se difícil a correta classificação de um defeito, podendo este variar ainda conforme o operador e sua experiência. Com isso optou-se por criar cartas que abrangiam todas as incidências, de forma a calcular limites e estabelecer capacidades sem diferenciar os defeitos. A carta implantada foi a carta p, que controla a fração de unidades não conformes, em relação ao total de unidades inspecionadas (tamanho da amostra). Delimitou-se como área piloto para estas modificações a mesma área em que estavam sendo promovidas ações de padronização dos testes, as rotas cinco e seis, pois o mapeamento de pontos seria utilizado como base de referência para a criação das cartas.

Juntamente com as modificações que dizem respeito ao CEP, foi implementado um aplicativo dentro do *software* que a empresa utiliza para monitorar um “cartão de avaliação” baseado na teoria de solução de problemas, para situações em que ocorressem problemas de solda.

## 6. Resultados e Discussões

Encontradas todas as potenciais células de repasse de testes para a responsabilidade da produção, concluiu-se que seria possível retirar dois operadores do time de teste de solda, que estavam alocados em rotas nos setores de subconjuntos. Estes operadores poderiam ser colocados junto às rotas cinco e seis, para dividir a carga destes testes. Isto possibilitaria a realização de testes adequados e dentro do tempo requerido, nas áreas até então cobertas por estas duas rotas. Um dos operadores do time de teste de solda permaneceu no setor de subconjuntos para garantir a realização daqueles testes que, por serem demasiados longos, não puderam ser repassados à produção.

Parte das células que compunham a rota sete e oito também poderia ser repassada à produção. Isto permitiu a diminuição das cargas destas rotas, bem como o aumento nas frequências de testes. Este aumento foi mais significativo para as células de portas, que continham menores índices  $C_{pk}$ . Com as frequências reajustadas às necessidades da velocidade da linha, considerando ainda os índices de capacidade de processo disponíveis, foi possível reduzir a incidência de problemas em outros setores à praticamente zero. A transição das operações para operadores de produção se iniciou no mês de outubro e foi completada na primeira quinzena de novembro. Pode-se observar na Figura 2 que, neste período, ocorreu a queda da incidência de problemas que se mantinham elevados na Pintura, desde o início do ano. Pode-se citar ainda outros benefícios trazidos pela migração de parte da responsabilidade da verificação de qualidade à produção. Em longo prazo, os operadores estarão mais cientes do nível de qualidade dos produtos que fabricam, o que pode alavancar mudanças culturais na empresa, alinhando-se com os princípios da filosofia enxuta, que prega a detecção e resolução de problemas o mais rápido possível.

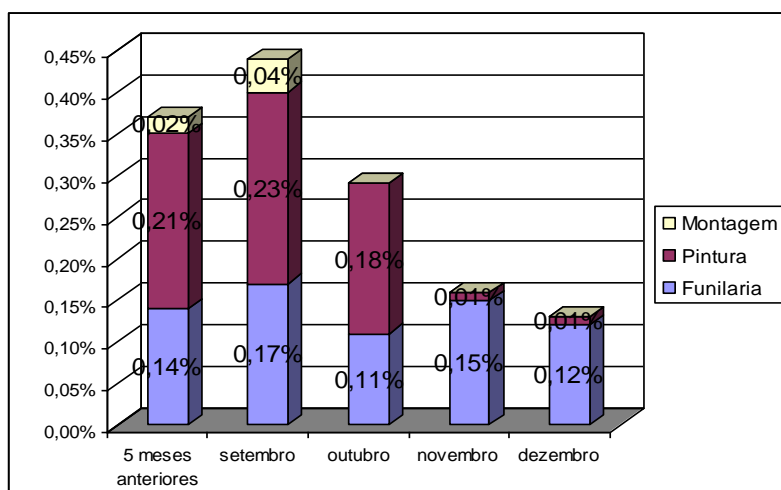


Figura 2 - Acompanhamento mensal de incidência de problemas em outros setores

A primeira melhoria implementada foi a elaboração de seis mapas de pontos de solda. Estes mapas trazem todos os pontos que devem ser averiguados num ciclo de teste desta estação. Entretanto alguns mapas contemplam mais de trezentos pontos, em casos que o operador dispõe de apenas uma hora para realizar o ciclo. Sendo assim, todos os pontos não são testados em um único ciclo. Portanto, foi necessário desenvolver uma metodologia para auxiliar na escolha dos pontos a serem testados. Embora seja interessante que o operador exerça aleatoriedade nos pontos que testa, alguns pontos devem ter seu teste obrigatório. Sabe-se que toda vez que o robô inicia o ciclo de soldagem, os primeiros pontos possuem uma

maior probabilidade de falha. Esta maior incidência de falhas também ocorre toda vez que ele muda o seu programa de soldagem, isto acontece sempre que alguma das condições se altera – por exemplo, quando aumenta ou diminui a quantidade de chapas a serem soldadas, varia alguma das espessuras destas chapas, ou então alguma destas chapas recebe revestimento por galvanização. O mapa permite analisar os pontos para que se formem grupos cujas características são as mesmas, ou seja, o mesmo programa de solda (mesmos parâmetros de soldagem) é usado, e as condições não se alteram. Desta forma é possível sinalizar sobre o mapa pontos obrigatórios de teste, que são aqueles aplicados no início e no fim de cada um destes grupos. Quanto aos outros pontos existentes dentro do grupo, fica a critério do operador escolher quais testar, a única regra imposta é a de que ele nunca avance mais do que três pontos sem testar ao menos um deles.

Outro objetivo que o mapa traz é o de orientar o operador quando um ponto defeituoso é encontrado. Foi criado um sistema de legenda, que combina os pontos de solda com os robôs que os aplicam através de alfinetes coloridos. Visualizando todos os demais pontos da mesma cor o operador tem à disposição a referência que necessita para saber que outros pontos devem ser checados. A capacidade de resposta e solução do problema também é melhorada, uma vez que o operador do time de teste de solda ponto já pode relatar aos facilitadores de produção e manutenção exatamente qual é o robô que está apresentando problemas, sem que estes tenham a necessidade de rastrear pelos diversos robôs existentes qual é o responsável pelo ponto defeituoso. Por fim, todos os pontos foram numerados, para servirem de referência para o CEP. Caso haja algum rebalanceamento na linha, o mapa pode ser facilmente modificado com alterações nos alfinetes.

A segunda implementação diz respeito ao desenvolvimento de um modelo para um aplicativo a ser implantado no *software* que a empresa utiliza para coordenar seus processos de solução de problemas de qualidade. Este aplicativo se baseia nas informações dos cartões de avaliação, bem no banco de dados gerado a partir do mapeamento de pontos de solda, e possui, basicamente, quatro interfaces com o usuário: (i) *input* das informações; (ii) registro dos cartões de avaliação; (iii) informações a respeito da capacidade do processo; e (iv) *output* das informações.

A primeira interface destina-se ao *input* das informações que compõem a árvore estrutural contida nos mapas de pontos de solda. Esta estrutura é organizada de forma hierárquica e contém os seguintes níveis: Área/Time de trabalho/Célula; Operação; Máquina/robô; Ponto de solda. Ou seja, cada número de ponto de solda específico é vinculado a apenas uma máquina, que é vinculada a somente uma operação, que por sua vez pertence a uma determinada célula de trabalho. Esta interface serve para que se construa e manipule a hierarquia entre várias identidades, que servirão para flexibilizar as possibilidades de construção de capacidades de processo.

A segunda interface serve para registrar os cartões de avaliações. Todos os três campos que existem no cartão físico possuem correspondentes virtuais no aplicativo, e ao ser registrado no sistema, cada cartão recebe um número, que o identifica, e também um campo que fornece seu status: aberto, concluído, aguardando avaliação da produção, aguardando avaliação da manutenção. Através da estrutura montada sobre o mapa de pontos, é possível realizar filtros sobre o período que se deseja, visualizando todos os cartões por área, operação, máquina, ponto, ou ainda criando algum grupo de pontos que contenham em comum as características que se deseja. Ainda é possível obter gráficos sobre a incidência bruta de defeitos, por região e no período desejado. O aplicativo fornece o *Top 10* de incidência de



defeitos, que pode ser filtrado por pontos, robôs, operações ou células (conforme desejado), dentro dos limites de tempo requisitados pelo usuário.

Por fim, a terceira interface diz respeito às informações de capacidades de processo. Da mesma forma que a interface de análise das informações dos cartões, a capacidade pode ser calculada a partir dos diferentes níveis possíveis de leitura. A forma de utilizar a capacidade é flexível ao agrupamento que for desejado. O modelo criado para o software funciona da seguinte forma: é necessário configurar, para cada identidade de célula cadastrada, a frequência padrão de testes para um dia de trabalho – que compreende dois turnos. Automaticamente, através da hierarquia, o programa atribui a respectiva frequência de teste para cada ponto de solda em particular. Outra configuração necessária diz respeito à inserção de um calendário que informa quais são os dias programados para serem de trabalho, ao longo do ano. Por fim, é necessário computar junto ao programa quais os testes que não puderam ser realizados ao longo do mês, em função de problemas na linha. Normalmente isto não ocorre com muita frequência (cerca de 3 a 7 vezes ao mês), o *input* desta informação ficará a cargo do facilitador do time de teste de solda ponto, que já possui as atribuições de computar as informações dos cartões de avaliação. Estas informações formam a base de dados necessária para que se possa calcular a capacidade a partir das incidências registradas nos cartões de avaliação. Inseridas estas informações, a interface que realiza os cálculos junto ao usuário parte das seguintes entradas: qual base de pontos se deseja usar para realizar a capacidade. Aqui, pode-se calcular a capacidade considerando uma área inteira, uma determinada operação, um robô específico, um ponto qualquer, ou um conjunto de pontos que se escolha agrupar segundo os critérios desejados. Em qualquer uma das opções, o que se está delimitando para o cálculo da capacidade – direta, ou indiretamente - é um conjunto de pontos de solda.

Outras informações que constituem entradas para o usuário são a quantidade de subgrupos que ele deseja levar em consideração, bem como o tamanho que estes subgrupos devem possuir. Toda vez que se registra no sistema, a incidência de problema de solda através de um cartão de avaliação, a ocorrência é relacionada obrigatoriamente a um determinado número de pontos. O que o programa faz é regressar, da data atual, até o ponto no tempo onde se completa a quantidade de testes realizados para que se atenda a quantidade de subgrupos e seu tamanho. Nesta varredura em que os subgrupos vão sendo formados, toda vez que o aplicativo encontra uma ocorrência em qualquer um dos pontos delimitados para a pesquisa, esta ocorrência contribui para a contagem da fração de defeituosos daquele subgrupo.

Sendo assim, é possível determinar frações para todos os subgrupos e a partir disto calcular a variabilidade que as amostras apresentam, através das fórmulas utilizadas pela carta p de atributos. Essas informações constituem a quarta interface. Isto possibilita mapear e comparar diferentes capacidades de processos, conforme desejado. Como saída o programa oferece ao usuário o gráfico das frações de defeituosos, com os limites central, inferior e superior, a plotagem dos pontos, e a capacidade determinada. Só é possível formar grupos de pontos que sejam contemplados por um mesmo teste, e possuam a mesma frequência de inspeção. Ainda inclui-se no modelo o cálculo do pré-requisito sugerido por Ramos (2006), para se considerar eficiente o tamanho dos subgrupos. Desta forma, têm-se dois casos: (i) se  $np > 5$ : o programa emite uma mensagem que afirma que a capacidade é representativa; e (ii) se  $np < 5$ , o programa emite o valor encontrado e avisa que o tamanho dos subgrupos deve ser revisto.

A quantidade de subgrupos aconselhada é sempre de 25, com um tamanho mínimo de 50 aferições em cada um, sugeridas por Juran & Grynam (1992). Estas serão as quantidades utilizadas caso o usuário opte pelo padrão sugerido pelo *software*.

## 7. Conclusão

Cada vez mais as empresas precisam aprimorar sua competitividade no ambiente da manufatura, tornando suas estruturas mais enxutas, aumentando a qualidade de seus processos e reduzindo custos.

Este trabalho obteve êxito em readequar a estrutura de inspeção do processo de soldagem por resistência elétrica, principal processo existente na Funilaria da montadora. A nova disposição dos operadores foi orientada no sentido de não permitir que os defeitos ultrapassem o limite do setor, e não sigam adiante no processo. Foi elaborada uma metodologia de controle de processo, pautada em identificar oportunidades de melhoria e diferenciar partes do processo que necessitam de intervenções sobre o projeto. A lógica desta metodologia possui a vantagem de ser facilmente adaptável a mudanças na linha, decorrentes de rebalanceamentos. Outra vantagem trata da flexibilidade que ela apresenta na comparação entre diferentes equipamentos, ou regiões do produto

O mapa de pontos de solda foi planejado para atuar, portanto, como uma fonte de instrução, consulta, e orientação sobre quais pontos devem ser testados nas inspeções. Aumentando a sistematização dos testes é possível obter um ganho na eficácia da realização dos mesmos. A princípio pode parecer controverso dedicar esforços a melhorar a forma como a inspeção é realizada – uma vez que o correto seria gastar tempo na resolução de problemas de qualidade. Entretanto num ambiente onde a inspeção do produto é longa e complexa, aumentar a eficácia dos testes resulta em uma maior detecção de oportunidades de melhoria do processo, desde que a empresa esteja devidamente preparada para aproveitá-las.

E por fim, foi implementado o controle estatístico de processo associado a um cartão de avaliação. Foi desenvolvido um aplicativo para gestão das informações oriundas desse sistema de controle, para possibilitar aos tomadores de decisão comparar a capacidade de diferentes partes do processo a fim de encontrar as maiores possibilidades de melhoria.

Como resultados deste estudo destacam-se a redução da incidência de problemas de solda em setores distantes da funilaria, aumentando a eficácia do processo de soldagem.

## Referências

**FITERMAN, M.; CATEN, C.S.; BATTESINI, M.; LIMA, L.L.** *CEP por atributos: uma abordagem de implantação*. ENEGEP, Florianópolis-SC, 2004.

**JUNIOR, I.F.S. & OLIVEIRA, V.C.** *A aplicação do controle estatístico de processo numa indústria de beneficiamento de camarão marinho no estado do Rio Grande do Norte*. Revista Gestão Industrial. v.01, n.03 : pp.059-069, 2005

**JURAN, J.M. & GRYNAM F.M.** *Controle de Qualidade – v.6 Métodos estatísticos clássicos aplicados à qualidade*. São Paulo: Makron Books, 1992.

**KOTZ S., JOHNSON N.L.** *Process capability indices – a review, 1992-2000*. Journal of Quality Technology v.34, n. 1, pp.2-19, 2002.

**LIKER, J.K. & MEIER, D.** *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

**MONTGOMERY, D.C.** *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. E.d. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004.

**PAESE, C.** *Estudo de uma metodologia para estabilização de processos*. Tese de mestrado: PPGE – UFRGS. Porto Alegre, 2000.

**RAMOS, A.W. et al.** *Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Atlas, 2006.

**SCHISSATTI, M.L.** *Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos*. UFSC. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

**SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R.** *Administração da produção*. 2. Ed..São Paulo: Atlas, 2000.

**SOUZA, F.S.; PEDRINI, D.C.; & CATEN, C.S.** *Índices de capacidade do processo: comparação entre índices tradicionais e índices para gráficos de controle de regressão*. XVI SIMPEP, 2009.

**SPIRING F., LEUNG B., CHENG S., YEUNG A.** *A bibliography of process capability papers*. Quality and Reliability Engineering International v.19, pp.445-460, 2003.

**WOODALL, W.H.** *Control Charts Based on Attribute Data: Bibliography and Review*. Journal of Quality Technology. v.29, p. 172-83, 1997.

**WU C-W., PEARN W.L., KOTZ S.** *An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance*. International Journal of Production Economics v.,117, pp. 338-359, 2009.