

Taubaté, 26/08/16 a 10/12/16

## **TTEM 012/16**

### **PROCESSO DE SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA: MONTAGEM DO SUPORTE DOS MÓDULOS ELETRÔNICOS**

### **WELDING PROCESS FOR RESISTANCE: THE BRACKET ASSEMBLY OF THE ELECTRONIC MODULES**

Signatários:

- Tiago Edgard Tristão Diniz<sup>1</sup>
- Stephany de Barros Camargo<sup>2</sup>
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – Universidade de São Paulo/USP
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP

Finalidade: Análise do processo de soldagem do suporte de fixação de módulos eletrônicos.

Duração: 3 meses.

1 – Aluno do curso de Especialização em nível de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica (UNITAU/SP) – [tiago.tristao@hotmail.com](mailto:tiago.tristao@hotmail.com)

2 - Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP) - [stephanycamargo@live.com](mailto:stephanycamargo@live.com)

Palavras chave: Soldagem, Soldagem por resistência, Processo, Automotivo.

**Resumo.** Este documento tem a finalidade de apresentar o conceito da soldagem por resistência que é amplamente utilizado na indústria automotiva nacional. Durante o projeto de um suporte, que apresenta a utilidade de fixar módulos eletrônicos veiculares no compartimento interno de um veículo, foi necessário soldar as porcas nas placas do suporte. O seguinte trabalho irá apresentar o processo de controle de qualidade assegurada (QA) utilizado para o projeto destas porcas, o processo de soldagem em si e os benefícios que este tipo de soldagem trás para a empresa que aplica este tipo de processo.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho técnico irá apresentar os requisitos técnicos para o projeto de solda para determinada chapa e para o controle de qualidade exigido. Mostrando o conceito do processo de soldagem por resistência, a aplicação do processo durante a montagem do suporte e os requisitos necessários para a liberação da peça para a produção.

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A soldagem por resistência compreende um grupo de processos nos quais a união de peças metálicas é produzida em superfícies sobrepostas ou em contato topo a topo, pelo calor gerado na junta através de resistência à passagem de uma corrente elétrica e pela aplicação de pressão, podendo ocorrer uma certa quantidade de fusão na interface. Existem diversos processos de soldagem por resistência, tais como:

- Soldagem por pontos;
- Soldagem por projeção;
- Soldagem por costura;
- Soldagem topo a topo;
- Soldagem por resistência por alta frequência.



**Figura 1 – Exemplo de soldagem a ponto.**

### 2.1 SOLDAGEM POR PROJEÇÃO

A soldagem por projeção é similar a solda ponto, sendo que este processo de soldagem ocorre em um local determinado por uma projeção ou saliência em uma das peças onde o fluxo de corrente elétrica é concentrado nos pontos de contato preestabelecidos. Duas ou mais soldas podem ser obtidas com um único par de eletrodos, este tipo de soldagem não utiliza consumíveis.

Este tipo de solda é utilizado principalmente para se unirem pequenas peças estampadas, forjadas ou usinadas, possuindo uma ou mais projeções ou saliências. Parafusos, porcas, pinos e etc podem ser facilmente soldados em uma chapa fina por este processo. Ele é especialmente útil para se produzirem várias soldas simultaneamente entre duas peças. A faixa de espessura na qual é utilizada a soldagem por projeção é de 0,5 à 3 mm, em aços carbono, aços inoxidáveis e algumas ligas de níquel (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011).

### 2.1.1 EQUIPAMENTOS

O equipamento para soldagem por resistência deve apresentar três sistemas básicos: elétrico, mecânico e de controle.

O sistema elétrico consiste de uma fonte de energia, conexões e eletrodos. As fontes de energia elétrica podem ser do tipo “energia direta” ou “energia armazenada”, e fornecer correntes contínua ou alternada. A definição de máquinas de corrente (alternado ou contínua) irá depender da capacidade que o usuário irá requisitar em seu processo.

Os eletrodos, cujas funções principais são conduzir a corrente de soldagem e transmitir força mecânica, são feitos de ligas com elevada condutividade térmica e elétrica, geralmente à base de cobre, além de serem resistentes à deformação e ao desgaste, mesmo em temperatura relativamente elevadas. A geometria da ponta tem grande influência na qualidade da solda produzida e deve ser otimizada para cada aplicação.

O resfriamento correto dos eletrodos tem grande importância na execução das soldas e no tempo de vida útil dos mesmos. A água deve ser levada tão perto quanto possível da ponta dos eletrodos. Periodicamente, é necessário que se faça uma vistoria nos eletrodos, pois, o desgaste decorrente do regime de trabalho imposto pode levar a soldas diferentes das feitas em condições ótimas. As pontas devem estar com o formato correto e limpo (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2011).

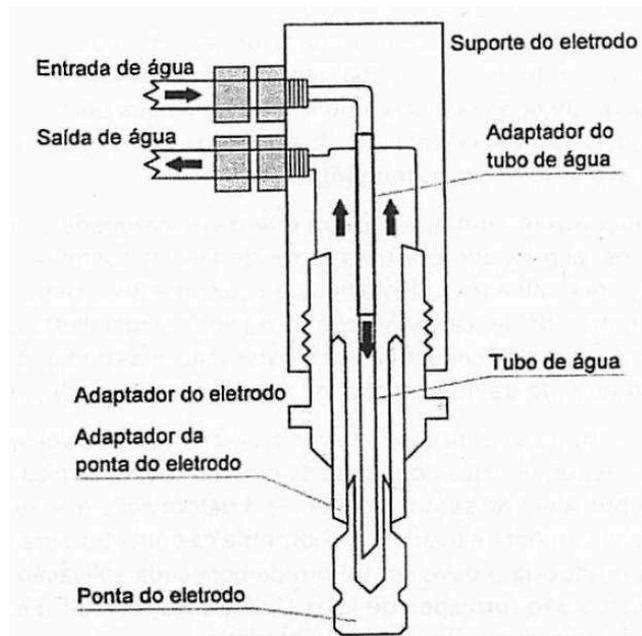


Figura 2 – Exemplo de refrigeração de eletrodo.

## 2.1.2 PARAMETROS DE SOLDAGEM

As principais variáveis da soldagem por resistência são a corrente elétrica, a resistência elétrica do circuito de soldagem, o tempo, a força nos eletrodos e a forma e a preparação destes.

A corrente de soldagem possui um limite inferior, abaixo do qual o aquecimento e eventual fusão adequados não são obtidos na interface de união. Este valor depende da área de contato entre os eletrodos e as peças ou das peças entre si, do material a ser soldado e da espessura deste. Aumentando-se a intensidade de corrente, pode-se diminuir o tempo de fluxo desta. Entretanto, existe um limite superior que, se excedido, provocará o aquecimento de toda a espessura do material entre os eletrodos, de tal forma que haverá deformação plástica não desejada. A resistência mecânica máxima na junta é obtida, de modo geral, para valores de corrente ligeiramente abaixo deste limite superior. Condições ótimas de operação e resultado são obtidas geralmente nesta situação.

A quantidade de calor gerada na junta é diretamente proporcional ao tempo de passagem da corrente elétrica. Assim, este tempo pode ser otimizado em função dos outros parâmetros de soldagem. Para reduzir a extensão da zona termicamente afetada, é preferível se trabalhar com correntes elevadas e tempos curtos. Isto devido à perda de eficiência do processo quando se aumenta (além do necessário) o tempo do processo de soldagem para determinada corrente elétrica.

A resistência total do circuito de soldagem é dada pela soma das resistências dos eletrodos, das resistências de contato eletrodo-peça, da resistência interna das peças e da resistência de contato entre as peças, desprezando-se a resistência interna do equipamento.

Veja abaixo os principais fatores que influenciam diretamente a qualidade de solda:

- **Espaçamento entre eletrodos:** Deverá ser de aproximadamente o dobro das espessuras das chapas a serem soldadas, ou seja, o mais próximo possível da peça.
- **Condições dos materiais:** é necessário que seja feita uma boa limpeza nas chapas, visando a eliminação de sujeiras, gorduras, pintura, óleo. Estes elementos funcionam como isolante elétrico, não contribuindo positivamente para a execução da soldagem.
- **Uniformidade dos pontos de solda:** Para se obter soldas de boa qualidade e com resistência mecânica adequada, é necessário que haja uma uniformidade dos pontos de solda. Aqueles pontos que apresentam um tamanho maior, em geral possuem menor resistência mecânica.
- **Presença de rebarbas e ondulações:** A rebarbas e ondulações impedirão um perfeito contato entre as chapas, logo a solda resultante não terá resistência mecânica adequada.
- **Corrente:** é controlada na fonte de energia, influi diretamente no aquecimento a que as peças serão submetidas.
- **Tempos:** são controlados basicamente por temporizadores, os tempos de centelhamento, soldagem, e retenção e resfriamento.
- **Pressão:** é ajustada por reguladores de pressão e depende quase que exclusivamente da espessura do material a ser soldado.

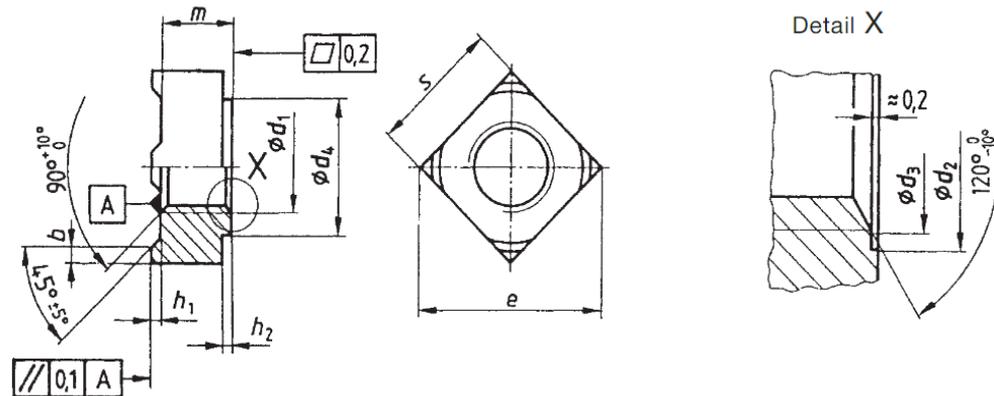
## 3. APLICAÇÃO DE SOLDA POR PROJEÇÃO

Durante o desenvolvimento de um veículo é necessário a criação de diversos suportes metálicos, que apresentam finalidades distintas. O suporte que será apresentado abaixo foi criado para montar os módulos eletrônicos de um determinado veículo, para que seja possível a montagem destes componentes foi necessário colocar porcas soldas na chapa. O processo de soldagem deve atender as normas pré-definidas em desenho e padrões da empresa.

### 3.1 REQUISITOS DE QUALIDADE

As soldas por projeção apresentadas na peça deverão atender os critérios apresentados em uma norma VW 011 03. Esta norma especifica que deva ser considerada uma adequação dos materiais das porcas a serem soldadas com o material da chapa utilizada para que se tenha uma resistência esperada.

As dimensões da porca solda quadradas são padronizadas conforme DIN 928, para que se tenha material necessário para que ocorra a fusão esperada.



**Figura 3 – Dimensões da porca solda quadrada.**

O dimensionamento da soldagem deve atender os requisitos conforme a norma VW 011 33:

**Tabela 1: Dimensões para projeções em relevo em folhas até 3,0 mm**

$d_1$	$a$	$d_2$
1,6	0,4	0,5
2,0	0,5	0,63
2,5	0,63	0,8
3,2	0,8	1,0
4,0	1,0	1,25
5,0	1,25	1,6
6,3	1,6	2,0
8,0	2,0	2,5
10,0	2,5	3,2

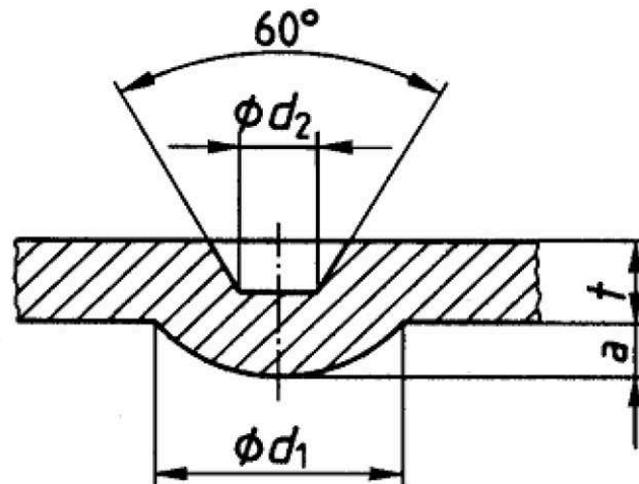


Figura 4 – Saliência para soldagem por projeção.

Relação entre a espessura da chapa e o diâmetro de projeção irá depender de determinados grupos estabelecidos em norma. Na Tabela 2 mostra os grupos e a relação diâmetro versus aplicação:

- Grupo A: Peças com pequenas dimensões para espaços apertados;
- Grupo B: Peças com espaço normal de soldagem, maior que o grupo A;
- Grupo C: Peças que exige maior força de extração.

Tabela 2: Relação diâmetro versus aplicação

Espessura da chapa t	DIÂMETRO DA SOLDA DE PROJEÇÃO d1		
	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
$t \leq 0,5$	1,6	2,0	2,5
$0,5 < t \leq 0,63$	2,0	2,5	3,2
$0,63 < t \leq 1$	2,5	3,2	4,0
$1 < t \leq 1,6$	3,2	4,0	5,0
$1,6 < t \leq 2,5$	4,0	5,0	6,3
$2,5 < t \leq 3$	5,0	6,3	8

### 3.2 DETALHES DO SUPORTE

O suporte em questão é composto de duas chapas soldadas (itens 1 e 2, figura 5) , ligadas por 4 chapas (item 3, figura 5).

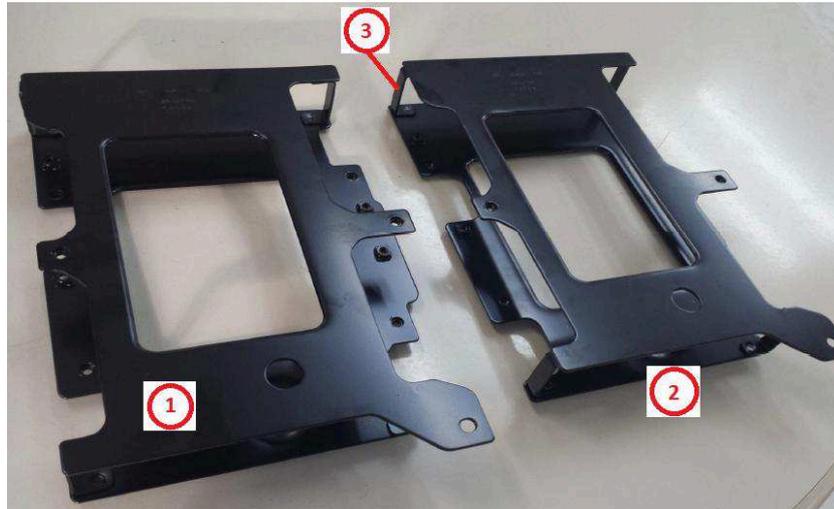


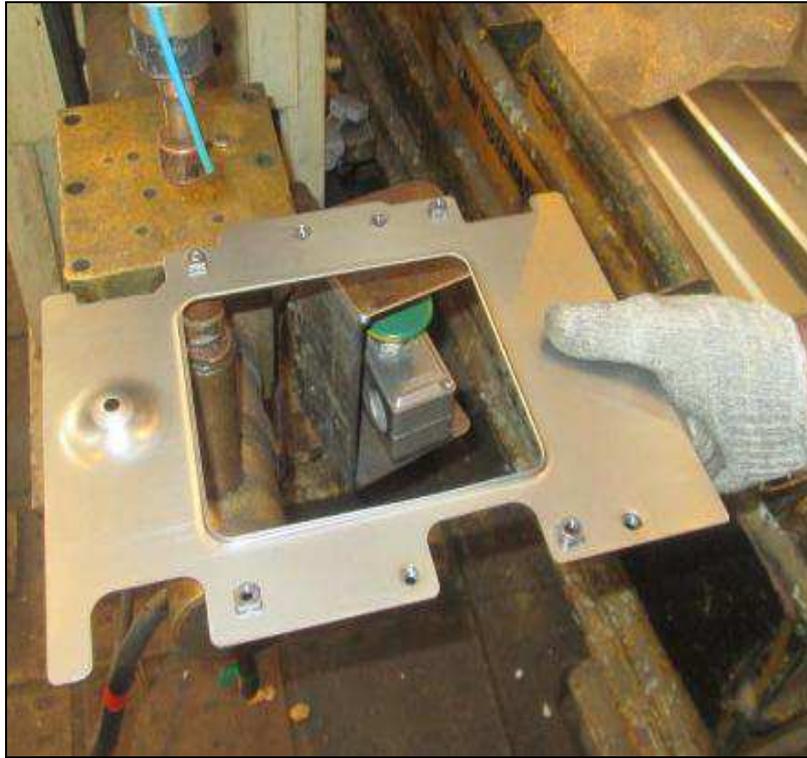
Figura 5 – Suporte dos módulos.

### 3.3 PROCESSO DE SOLDAGEM DO SUPORTE

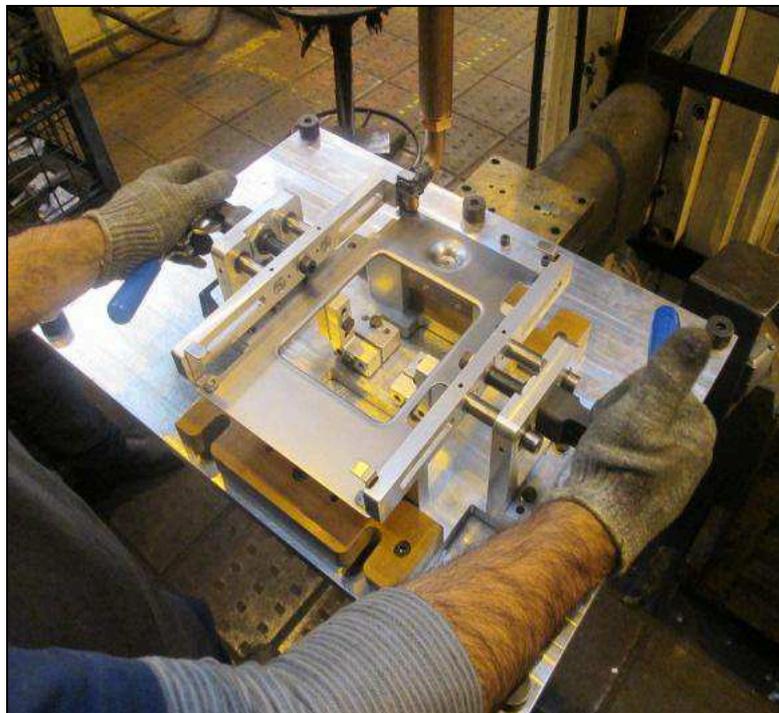
Após a estampagem das chapas, as mesmas são direcionadas ao equipamento de soldagem afim de que sejam agregadas as porcas quadradas na chapa. O equipamento tem capacidade de soldar uma porca por vez, o operador deve posicionar a porca e acionar um botão para que a solda seja executada. O suporte é composto de duas chapas (Figuras 6 a 10).



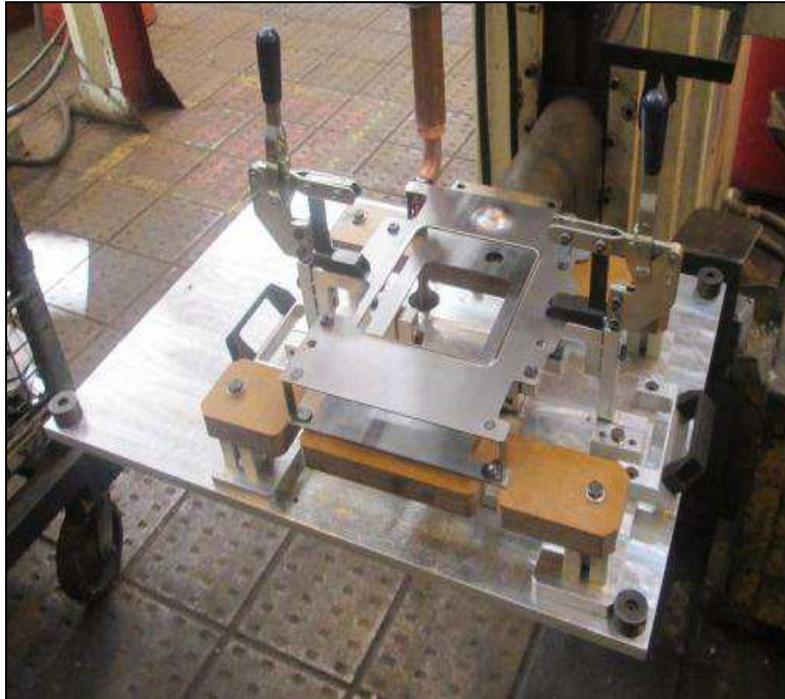
Figura 6 – Operador ajustando a chapa 1 para a soldagem.



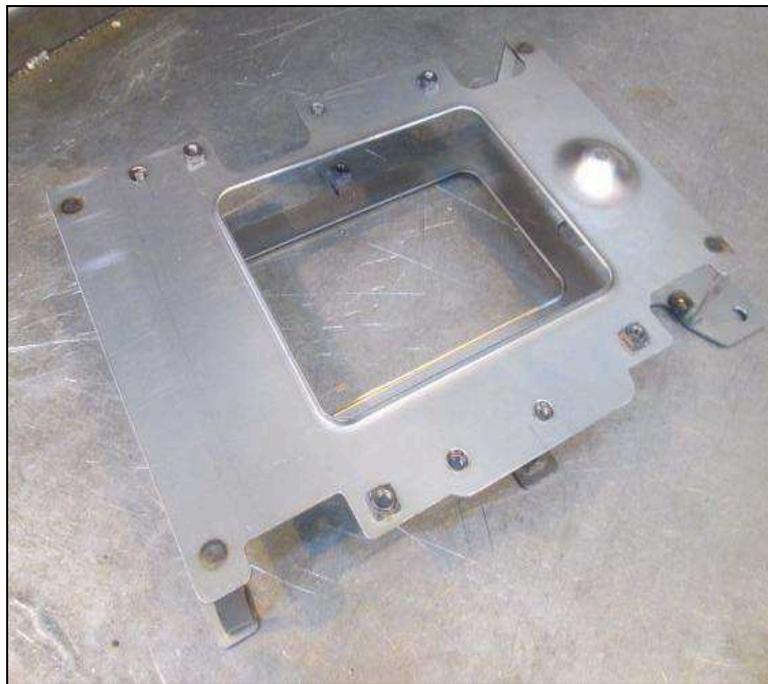
**Figura 7 – Operador ajustando a chapa 2 para a soldagem.**



**Figura 8 – Operador ajustando as 4 chapas (item 3) para a soldagem na chapa 1.**



**Figura 9 – Operador ajustando a chapa 2 para a soldagem, formando o suporte.**



**Figura 10 – Suporte com todas as soldas realizadas, sem pintura.**

## 4. PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS

### 4.1 VANTAGEM

- Alta produtividade;
- Não exige mão de obra qualificada para a soldagem;
- Apresenta menor risco ao operador.

### 4.2 DESVANTAGEM

- Restrição de componentes de soldagem versus espessura da chapa;
- Requer automação para a garantia da qualidade da solda.

## 5. CONCLUSÃO

O processo de solda por projeção já é grande conhecido na indústria automotiva, que exige alta produtividade e certo grau de qualidade para este tipo de peça. Atendendo os requisitos pré-determinados em norma esse tipo de solda apresenta alta confiabilidade e qualidade. Esse processo já é amplamente, e na aplicação do suporte os requisitos técnicos foram atendidos. Podendo assim o suporte ser liberado para a produção em série.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q., **Soldagem Fundamentos e Tecnologia** in: UFMG, 2011.

SENAI / CST (COMPANHIA SIDERURGICA DE TUBARÃO) **Noções Básicas de Processos de Soldagem e Corte** in: Espírito Santo: Senai, 1996.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 928: **Square weld nuts**. Alemanha, 1998.

## 7. Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

**Abstract.** This document has a presentation purpose or concept of resistance welding, which is widely used in the domestic automotive industry. During the design of a carrier, which has the utility of attaching vehicular electronic modules without a vehicle's internal compartment, it was necessary to apply solder nuts on the carrier plates. The following work should present the quality assurance (QA) control process used for the design of such processes, the selling process itself and the benefits that this type of welding behind for a company that applies this type of process.