Unisanta Science and Technology, **2015, 6, December**
Published Online 2015 Vol.4 N°2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Microestrutura e Propriedades Mecânicas de uma junta Soldada obtida por Processo de Soldagem Manual *Gas Metal Arc Welding*

Alexandre Jusis Blanco; Jordan Souza Higa; Maurício Andrade Nunes; Willy Ank de Morais

Universidade Santa Cecília - UNISANTA
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos – SP, Brasil.
E-mail*:* alexandre.blanco@unisanta.br

Received March, 2015

Resumo: Para se determinar as propriedades mecânicas de uma junta soldada torna-se necessário conhecer as propriedades mecânicas do metal de adição decorrente de um processo de soldagem. O objetivo desse trabalho foi verificar as propriedades mecânicas de uma solda MAG elaborando e qualificando um procedimento de soldagem. Para isso foi utilizado quatro ensaios mecânicos: tração, macrográfia, micrografia e dureza. Foi estipulado o limite de escoamento, de ruptura, o alongamento e a estricção; macrográfico, determinou-se, a olho nu, a zona fundida, a zona de ligação, a zona termicamente afetada e o metal de base; micrográfico, tração, definiu-se os componentes microestruturais da solda e do metal de base; dureza e foi estabelecida a tenacidade da solda e do metal de base.

Palavras chave: Soldagem; Metalografia; Dureza; Ensaio; Aço.

Microstructure and mechanical properties of a welded joint by Manual welding process Gas Metal Arc Welding

Abstract: To determine the mechanical properties of a welded joint becomes necessary to know the mechanical properties of filler metals arising from a welding process. The objective of this work is to check the mechanical properties of a weld MAG developing and qualifying a welding procedure. For this we will use four mechanical tests: traction, determines the yield, of rupture, elongation and contraction; macrographic, determine, to the naked eye, the molten zone, the zone, the zone thermally affected zone and the base metal; micrographic, determines the micro-structural components of weld and base metal; hardness, the tenacity of the weld and base metal.

Keywords: Welding; Metallography; Hardness; Test; Steel

1. Introdução

A soldagem é uma técnica de construção, feita de várias formas e aplicando vários métodos. Visa obter peças contínuas de metais e/ou ligas[(1)] é o mais importante processo industrial de fabricação de peças metálicas. Processos de soldagem e processos afins são também utilizados na recuperação de peças desgastadas, para a aplicação de revestimentos de características especiais sobre superfícies metálicas e para corte.

O sucesso da soldagem está associado a diversos fatores e, em particular, com a sua relativa simplicidade e flexibilidade operacional. Por outro lado, apesar desta simplicidade, não se pode esquecer que a soldagem pode ser muitas vezes um processo "traumático" para o material, envolvendo, em geral, a aplicação de uma elevada

Copyright © 2015 ISESC.

densidade de energia em um pequeno volume do material, o que pode levar a importantes alterações estruturais e de propriedades dentro e próximo da região da solda.

O desconhecimento ou a simples desconsideração das implicações desta característica fundamental pode resultar em problemas inesperados e, em alguns casos, graves. Estes problemas podem se refletir tanto em atrasos na fabricação ou em gastos inesperados, quando o problema é prontamente detectado, ou mesmo em perdas materiais e, eventualmente, de vidas, quando o problema é levado às suas últimas consequências.

Para se determinar as propriedades mecânicas de uma junta soldada, se torna necessário conhecer as propriedades mecânicas do metal de adição decorrente de um processo de soldagem. Todo o processo de união de metais, através de componentes mecânico ou componentes estruturais através do processo de soldagem tem que ser avaliado para a verificação e comprovação da integridade do novo componente.

2. Materiais e Métodos

2.1. Método de soldagem

0 método de soldagem utilizado foi GMAW (*Gas Metal Arc. Welding*) ou MAG (*Metal Active Gas*), que realiza a união de materiais metálicos pelo seu aquecimento e fusão localizados através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico não revestido e maciço na forma de fio[6], conforme ilustrado na Figura 1.

Para o procedimento de soldagem foi utilizada a pistola para soldagem GMAW que possui um contato elétrico deslizante (bico de contato) para transmitir a corrente ao arame, orifícios para a passagem de gás de proteção e bocal para dirigir o fluxo de gás à região do arco e da poça de fusão. Para a soldagem semiautomática, ela ainda possui um interruptor para o acionamento da corrente de soldagem, da alimentação de arame e do fluxo de gás de proteção.

2.2. Sistema de alimentação

O sistema de alimentação é composto de um motor, um sistema de controle de sua velocidade e um conjunto de roletes responsável pela impulsão do arame. Em comparação com a soldagem com eletrodos revestidos, a soldagem GMAW é relativamente mais simples quanto à sua técnica de execução pois a alimentação de metal de adição é feita pelo equipamento e a quantidade de escória gerada é mínima. Por outro lado, este processo é mais complicado em termos da seleção e ajuste de seus parâmetros, devido ao seu maior número de variáveis e a forte inter-relação entre elas.

A fonte de energia mais usada é do tipo tensão constante regulável com alimentação de arame a velocidade constante. Este tipo de sistema permite o controle automático do controle do arco diretamente através de variações da corrente de soldagem. Sistemas alternativos, com fontes com saída de corrente constante, necessitam de sistemas especiais para controlar o comprimento do arco.

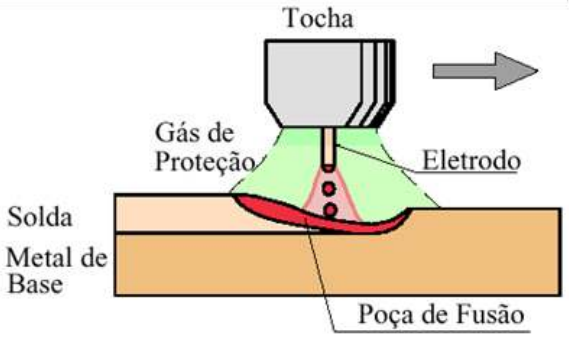


Figura 1. Esquema do processo de soldagem MAG (GMAW).

Copyright © 2015 ISESC

2.3. Confecção dos corpos de prova

O material empregado nos corpos de prova (CPs) foi o aço SAE J403 1020. Os CPs para o ensaio de tração foram usinados em fresadora horizontal conforme as dimensões ilustradas na Figura 2. Estes corpos de prova foram seccionados em três partes (A, B e C) para serem analisados por metalografia e para terem suas durezas medidas.

2.4. Parâmetros de soldagem

Os parâmetros de soldagem dos corpos de prova pelo processo MAG (GMAW) em ambos os corpos de prova foram: tensão de 22V e corrente contínua de 140A com polaridade inversa. O gás empregado foi o "Arcal 21" (21% CO_2 +79% Ar, vazão de 20 lpm [3]. Como metal de adição empregou-se o arame AWS A 5.18. ER70S-6, diâmetro 1,2 mm (micro-arame)[6]. Os materiais dos corpos de prova são confeccionados com o Aço SAE J403 1020. A composição química típica dos materiais envolvidos é:

- consumível: 0,06 a 0,15%C; 0,80 a 1,15%Si; 1,40 a 1,85%Mn.
- metal base: 0,20%C; 0,45%Mn; 0,20%Si; P≤0,030% e S≤0,050%.

A pistola para soldagem GMAW possui um contato elétrico deslizante (bico de contato) para transmitir a corrente ao arame, orifícios para a passagem de gás de proteção e bocal para dirigir o fluxo de gás à região do arco e da poça de fusão. Para a soldagem semi-automática, ela ainda possui um interruptor para o acionamento da corrente de soldagem, da alimentação de arame e do fluxo de gás de proteção. O sistema de alimentação do consumível (arame) é composto de um motor, um sistema de controle de sua velocidade e um conjunto de roletes responsável pela impulsão do arame.

2.5. Procedimento de soldagem

Efetuou-se a soldagem dos corpos de prova e a elaboração do procedimento de soldagem, atendendo-se os requisitos da Norma ASME SEÇÃO IX (anexo 01). Antes da soldagem, os corpos de prova foram preparados com thinner para limpeza.

A seqüência realizada foi a seguinte: 1º lado (superior): um passe de raiz, um passe de enchimento e um de acabamento. 2º lado (inferior): um passe de acabamento, conforme ilustrado pela Figura 3.

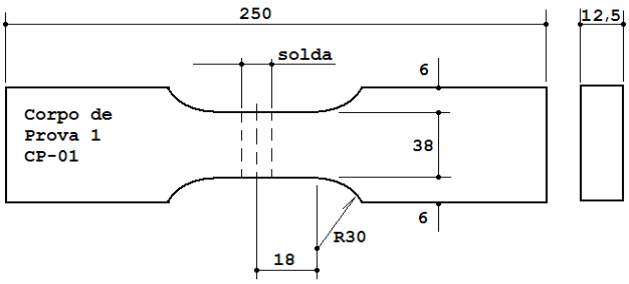


Figura 2. Dimensões dos CPs de tração.

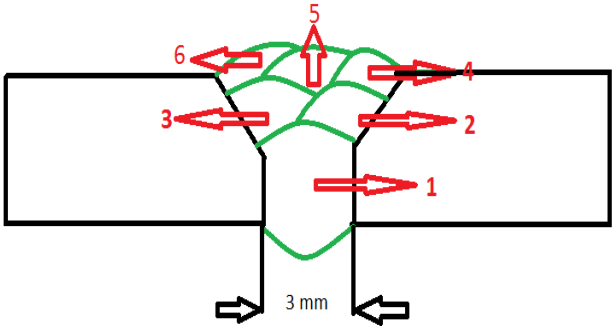


Figura 3. Esquema de passes de solda empregados no estudo.

Copyright © 2015 ISESC

2.6. Ensaio de tração

Foi adotada a norma ASTM E8M[8] para realizar os ensaios mecânicos de tração, porém com as dimensões dos CPs conforme ASME.

O ensaio foi realizado a temperatura ambiente e foram determinados o limite de escoamento, o limite de ruptura, o alongamento e a estricção do material. Empregou-se uma máquina universal hidráulica com capacidade de carga de 100 toneladas.



Figura 4. Fixação do CP à máquina de tração e exemplo de CP rompido.

2.7. Ensaios metalográficos e macrográficos

A metalografia visa analisar e registrar a condição microestrutural de um material metálico através da preparação adequadas de amostras a serem observadas. Neste trabalho foi empregada esta técnica, na qual as amostras tiveram suas superfícies devidamente polidas e atacadas com um reagente específico.

O exame metalográfico encara o metal sobe o ponto de vista de sua estrutura, procurando relaciona-las às propriedades físicas, composição, processo de fabricação, etc [2].

A Técnica do preparo de um dos corpo de prova de macrografia abrange as seguintes etapas,escolha e localização da seção a ser estudada, preparação de uma superfície plana e polida e ataque dessa superfície por um reagente químico adequado[2].

Iniciando o lixamento nas lixas de 80, 100, 220, 320, 400 e 600. polimento em politrizes com feltro de alumina 0,5µm e posterior ataque com reagente Nital a 5% para análise macrográfica e Nital a 2% para análise metalográfica.

As análises foram feitas a nível macroscópico (a olho nú) e microscópico, com auxílio de um microscópio metalográfico da marca Olympus.

Empregaram-se ampliações óticas de 50 a 1000X neste último caso.

2.8. Ensaios de dureza

Pode-se considerar dureza como a resistência que um material oferece à penetração de outro em sua superfície. O ensaio de dureza pode ser feito em peças acabadas, deixando apenas uma pequena marca, às vezes quase imperceptível.

No trabalho foram empregados os ensaios de dureza na escala Rockwell B (HRB), de acordo com a norma ASTM E 18, utilizando penetrador de esfera de aço temperado com 1/16” de diâmetro e 100 kgf de carga.

A Figura 5 ilustra o equipamento da UNISANTA e as posições de medição de dureza realizados na junta soldada.

Copyright © 2015 ISESC



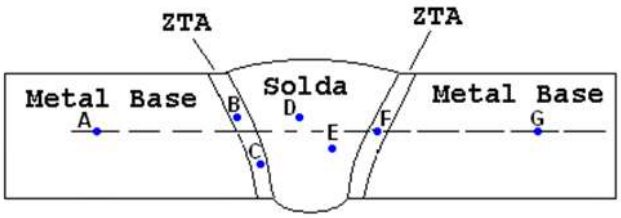


Figura 5. Durômetro laboratório UNISANTA (à esquerda) e posições das medições da dureza (à direita).

3. Resultados e Discussões

Após a soldagem observou-se que não houve deformação, que caracteriza bom procedimento e execução. Porém os resultados das demais avaliações devem ser considerados para caracterizar mais fidedignamente o desempenho de junta.

3.1. Ensaio de tração

Os dados obtidos nos ensaios de tração foram: comprimento inicial L_0 = 36,0mm; comprimento final L_F = 43,0mm; espessura inicial t_0 = 12,5mm; espessura final (na região de ruptura) t_f = 11,0mm; largura inicial B_0 = 38,0mm; largura final (na região de ruptura) B_F = 35,5 mm (Eq. 4); área inicial A_0 = 475,0mm^2; área final A_f = 390,5 mm^2; força de escoamento F_E = 10280kgf; força de ruptura F_R = 20460 kgf.

Estes dois últimos valores foram registrados pelo controle eletrônico da máquina, conforme ilustrado na Figura 6. A Figura 7 ilustra o aspecto do CP de tração (vide Figura 1), rompido o ensaio de tração.

Os resultados numéricos, calculados a partir dos dados obtidos nos ensaios de tração, foram:

Limite de Escoamento (S_{LE})

$$LE = \frac{FE}{A_0} = \frac{10260kgf}{475{,}0mm} \times 9{,}81N = 211{,}89Mpa$$

(Eq. 1)

Limite de Ruptura (S_{LR})

$$LR = \frac{FR}{A_0} = \frac{20460kgf}{475{,}0mm} \times 9{,}81N = 422{,}55MPa$$

(Eq. 2)

Alongamento (%Along.)

$$Al = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{43{,}0mm - 36{,}0mm}{36{,}0mm} x100 = 19{,}44\%$$

(Eq.3)

Estricção ou Redução de Área (%RA)

$$e = \frac{Af - A_0}{A_0} = \frac{390{,}5 - 475{,}0}{475{,}0} x100 = -17{,}79\%$$

(Eq.4)

As superfícies de fratura obtidas nos ensaios de tração foram avaliadas para determinar a existência de irregularidades, descontinuidades e/ou defeitos.

A foto da Figura 8 apresenta regiões de falta de fusão ocorridas entre os passes de solda executados (vide Figura 3).

Copyright © 2015 ISESC



Figura 6. Registro das cargas de escoamento (à esquerda) e máxima (à direita).



Figura 7. Aspecto do CP de tração rompido.

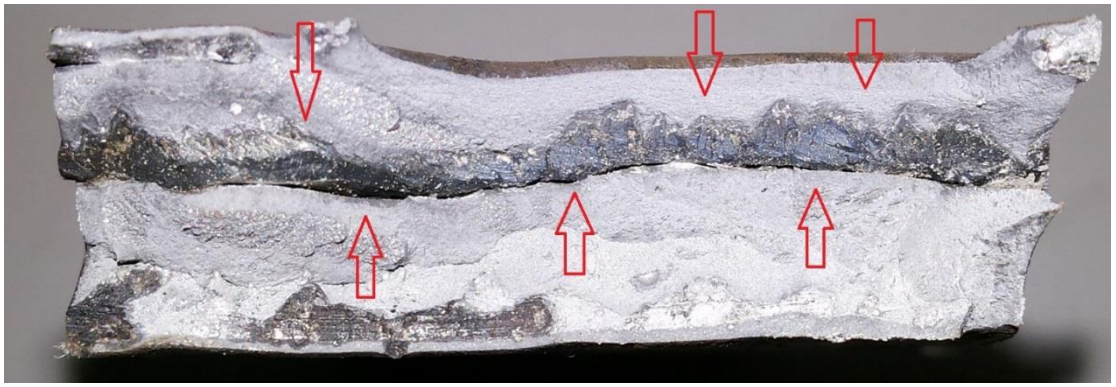


Figura 8. Vista da seção transversal da fratura obtida após o ensaio de tração.

Copyright © 2015 ISESC

3.2. Macrografia e Micrografia

Apresentou uma estrutura bem homogênea, conforme ilustrado pela Figura 9, podendo definir o metal de adição, o metal base, e verificado a presença da zona termicamente afetada (ZTA). Verificou-se também que não foi verificada uma falta de fusão na solda deste corpo de solda na região cortada, ao contrário do percebido na superfície de fratura do CP de tração.

Através da metalografia, pode-se observar alinhamento da perlita (bandeamento) na região do metal base conforme ilustrado na Figura 10.

Este bandeamento é típico de chapas de aço obtidas por laminação a quente. Já a Figura 11 apresenta a estrutura do metal de solda, com o aspecto típico para o consumível empregado (AWS A 5.18. ER70S-6).

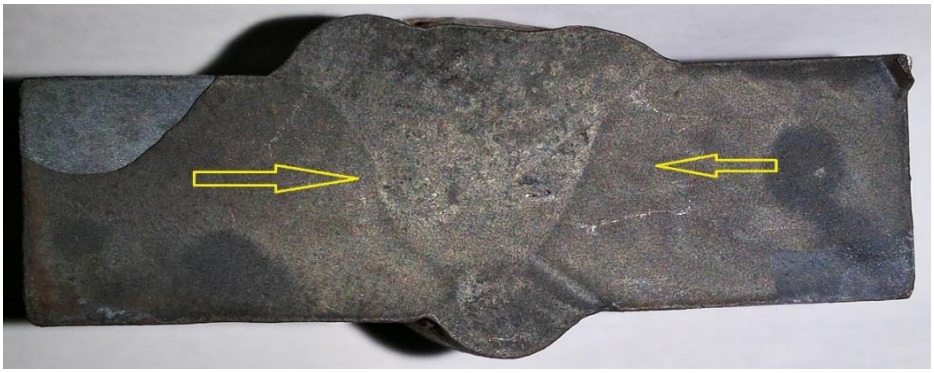


Figura 9. Registro macrográfico da junta soldada empregada neste estudo.

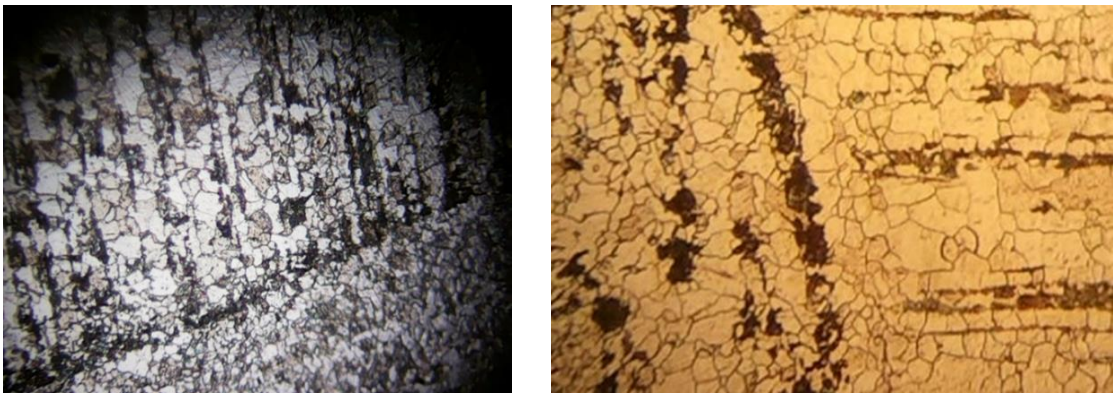


Figura 10. Aspecto metalográfico do metal base, próximo à ZTA (ataque: Nital a 2% e ampliação ótica de 50X).

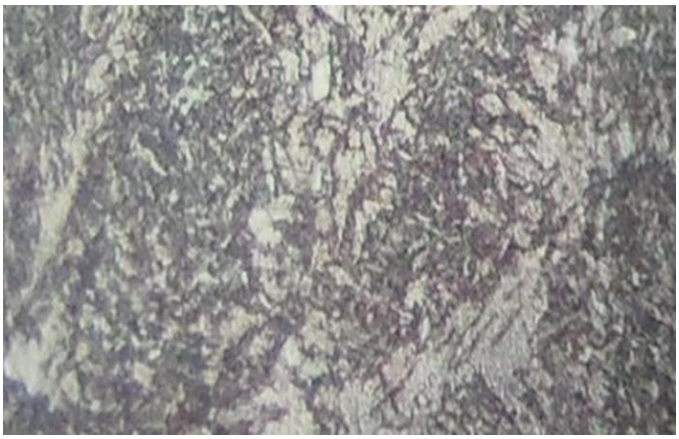


Figura 11. Aspecto metalográfico do metal depositado por solda.

Copyright © 2015 ISESC

3.3. Dureza

Os ensaios de dureza foram executados nas regiões planejadas (vide Figura 5) conforme ilustrado na Figura 12. Os resultados obtidos estão apresentados no gráfico da Figura 13.

Valores mais elevados de dureza registrados na região da solda, tanto no metal de solda quanto na ZTA, não são favoráveis para o desempenho mecânico da junta. Entretanto, os valores obtidos desse ensaio, apesar de mais elevados no metal de solda, ainda estão dentro de um nível satisfatório.

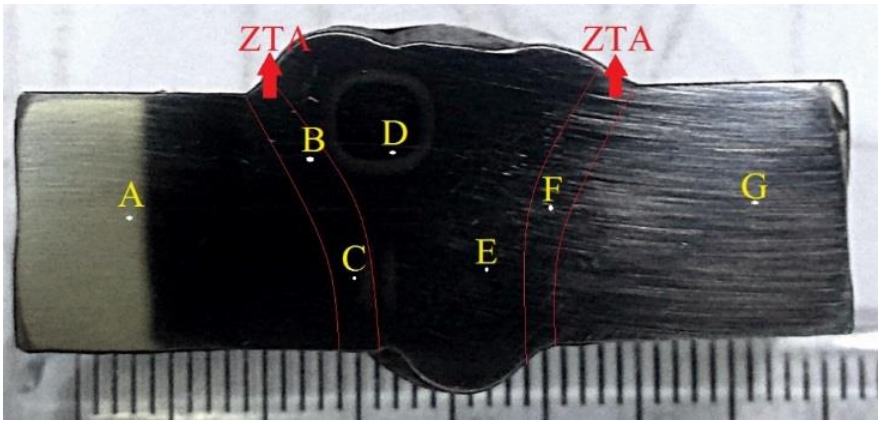


Figura 12. Posições de medição de dureza na junta soldada.

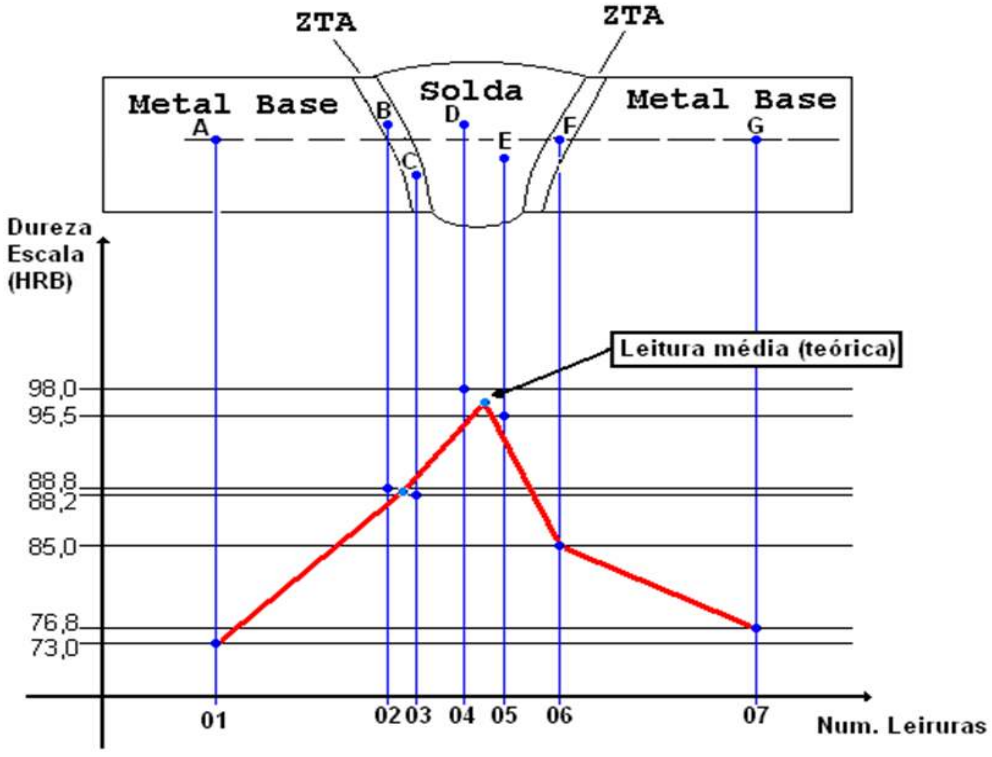


Figura 13. Resultados da solda.

Copyright © 2015 ISESC

4. Conclusões

A soldagem é um método de união localizada de materiais, cujo objetivo básico é manter a continuidade das características da união com o restante do componente. Através do trabalho aqui apresentado, podemos concluir que o processo propriamente dito de soldagem, material adequado, temperatura não é o suficiente para garantir uma junção de qualidade, justificando, portanto, a qualificação de soldador e do procedimento de soldagem, fazendo-se necessário o treinamento de todo o pessoal de execução e planejamento do trabalho. Os resultados do ensaio de tração comprovam que a inabilidade do soldador influenciou significativamente para a sanidade da solda e que se esta fosse exposta há uma solicitação real, correria o risco de comprometer o objetivo da soldagem. As avaliação visual da junta soldada, as análises metalográfica e por dureza não indicaram maiores irregularidades. Os ensaios mecânicos destrutivos, no caso o ensaio de tração, são mais indicados para uma avaliação mais precisa de uma junta soldada pois defeitos não perceptíveis por outras técnicas podem manifestar-se na superfície de fratura final obtida.

5. Referências Bibliográficas

1. MORAIS, W. A.; MAGNABOSCO, A. S; NETTO, E. B. M. Metalurgia física e mecânica aplicada. 2. ed. São Paulo: ABM, 2009.

2. COLPAERT. H, “Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns”, Ed. Edgard Blucher .

3. ARCAL™5 Smartop/Arcal™12 Smartop/Arcal™21, <http://www.airliquide.pt/file/otherelement/pj/50/ac/c6/0f/arcal%E2%84%A221%20smartop%20(300-15-014pt)6260696717045058782.pdf>. Acesso em 18 set 2015.

4. VAN VLACK. LAWRENCE H, Princípios de Ciência dos Materiais. 4.ed. Bluecher Ltda.

5. INFOSOLDA, < http://www.infosolda.com.br.> Acesso em 18 set 2015.

6. ESAB MIG Welding Handbook – ESAB Welding & Cutting Products

7. Matweb Material Proprety Data, <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=823fa22659bf41be98deffed50d5e7e4> Acesso em 26 ago 2015.

8. STANDARD Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials ASTM E8M < http://www.astm.org/Standards/E8.htm > Acesso em 26 ago 2015..

Copyright © 2015 ISESC