

CONTRIBUIÇÃO DE ESTUDO E ANÁLISE DO APORTE TÉRMICO NOS PROCESSOS DE SOLDAGEM TIG E LASER NA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO AÇO AISI 316L

Túlio Magalhães Silva¹

Daniel Fernando da Silva²

RESUMO

A soldagem é uma técnica de união e revestimento de materiais, aplicando-se calor e pressão para o depósito de material na peça ou local em que vai ser realizado o processo. O aporte térmico é a energia de soldagem, onde a estrutura molecular do aço vai ser modificada devido a temperatura, com isso pode-se interferir nas propriedades mecânicas do cordão de solda, tornando a região muito frágil a tração. Nosso caso de estudo é aço AISI 316L, utilizado em indústrias químicas e muito resistente à corrosão. O objetivo deste estudo é comparar a influência do aporte térmico dos processos de soldagem TIG e a Laser na resistência à tração do aço inoxidável AISI 316L. Para esta análise comparativa dos dois processos de soldagem TIG e Laser na resistência a tração do aço inox 316L, quando variado o aporte térmico de soldagem, com isso, foi analisado duas dissertações que utilizam os dois processos de soldagem com o mesmo material, neste caso o aço inox 316L, a qual também foi avaliado os resultados de ensaio de tração para cada variação de energia de soldagem, concluindo que em prática o processo TIG é o melhor devido ao custo e a praticidade de uso.

PALAVRAS CHAVE: Temperatura, corrosão, corrente, propriedades, mecânicas.

CONCLUDING THAT IN PRACTICE THE TIG PROCESS IS THE BEST DUE TO THE COST AND PRACTICALITY OF USE.

Túlio Magalhães Silva¹

Daniel Fernando da Silva²

ABSTRACT

Welding is a technique of joining and coating materials by applying heat and pressure to the material reservoir in the part or site where the process is to be carried out. The thermal input is the welding energy, where the molecular structure of the steel will be modified due to temperature, which may interfere with the mechanical properties of the weld bead, making the region very brittle the traction. Our case study is AISI 316L steel, used in chemical industries and very resistant to corrosion. The purpose of this study is to compare the influence of the thermal contribution of the TIG and Laser welding processes on the tensile strength of AISI 316L stainless steel. For this comparative analysis of the two TIG and Laser welding processes in the tensile strength of 316L stainless steel, when the thermal input of welding was varied, two dissertations were analyzed using the two welding processes with the same material, in this case The 316L stainless steel, which also evaluated the tensile test results for each variation of welding energy, concluding that in practice the TIG process is the best due to the cost and the practicality of use.

KEY WORDS: Temperature, corrosion, current, properties, mechanical.

1 INTRODUÇÃO

Os vários processos de soldagem podem ser empregados na união de diferentes tipos de materiais, para isso, é muito importante o conhecimento dos fatores que podem gerar um cordão de solda de características mecânicas próximas à forma pura do material em questão, ou até mesmo otimizar estas características, um desses fatores é o ajuste da intensidade da corrente da fonte de soldagem que irá fornecer o calor suficiente para a soldagem do material, ou seja o aporte térmico necessário para unir o material.

O aporte térmico, ou energia de soldagem, ou aporte de calor é a quantidade de calor depositado em um material, representadas com a letra E ou H e sua unidade de medida é dado em Kj/mm ou J/mm. A energia de soldagem depende muito do processo de solda utilizado e da técnica de solda, as principais características nos processos de soldagem é a intensidade da fonte de calor usada para a fusão do material (Tecnologiammm, 2013).

O aço estudado neste trabalho é o AISI 316L, é um aço cromo-níquel molibdênio, inoxidável austenítico, não temperável e não magnético, sua diferença com o AISI 316 é que possui um menor teor de carbono, porem resiste bem a oxidação até a temperatura de 875C°, o molibdênio presente na composição química deste aço eleva sua resistência mecânica, e aumenta sua resistência a corrosão em cloro (Eutectic, 2006).

Este material apresenta uma boa conformação a frio, porem exige maior esforço de conformação do que os aços não ligados, é usado para fabricação de produtos que exigem uma alta resistência a corrosão, como nos processos industriais de tubulações e válvulas, tem vasto mercado na indústria hospitalar e indústria química, usado em lugares onde existe ataque de substancias corrosivas, além de possuir uma alta resistência mecânica, podendo ter diversas aplicações (Eutectic, 2006).

Diante desta aplicabilidade do Aço AISI 316L em equipamentos, que na maioria das vezes envolvem serviços de soldagens para a construção dos mesmos, através da união de chapas por processos de soldagem que podem garantir o bom funcionamento dos mesmos, mas essas áreas soldadas podem sofrer ações químicas e também esforços mecânicos que podem gerar falhas (Eutectic, 2006).

Diante do que foi descrito acima, este trabalho tem como objetivo contribuir para o estudo e análise do aporte térmico nos processos de soldagem TIG e laser na resistência a tração do aço AISI 316l, para isso foi feito um estudo de caso de duas dissertações que

utilizou os dois processos de soldagem com o mesmo material em estudo, analisando também a influência do aporte térmico no limite de resistência a tração do material.

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

Com a evolução do homem, devido a suas necessidades ao longo do tempo a humanidade vem aprimorando seu conhecimento no domínio dos metais, são materiais que ao serem aquecidos tem-se a capacidade de moldar de acordo com a utilização desejada, com este avanço o aço é um dos melhores metais que existem para serem usados em inúmeras aplicações, são empregados uma vasta lista de tipos de aço, mudando suas estruturas para as devidas finalidades do material (Instituto Aço Brasil, 2009).

Os aços inoxidáveis é uma liga de ferro com um mínimo de 10,5% de cromo, são adicionados outros elementos de liga para melhorar a sua estrutura e propriedades mecânicas. O aço AISI 316L é um aço austenítico, esse tipo de aço inox são os mais usados, contém 18% de cromo (Cr), suficiente para oferecer uma boa resistência a corrosão e 8% de níquel (Ni) para ter uma estrutura estável em temperatura ambiente (Favorit Aços Especiais, 2016).

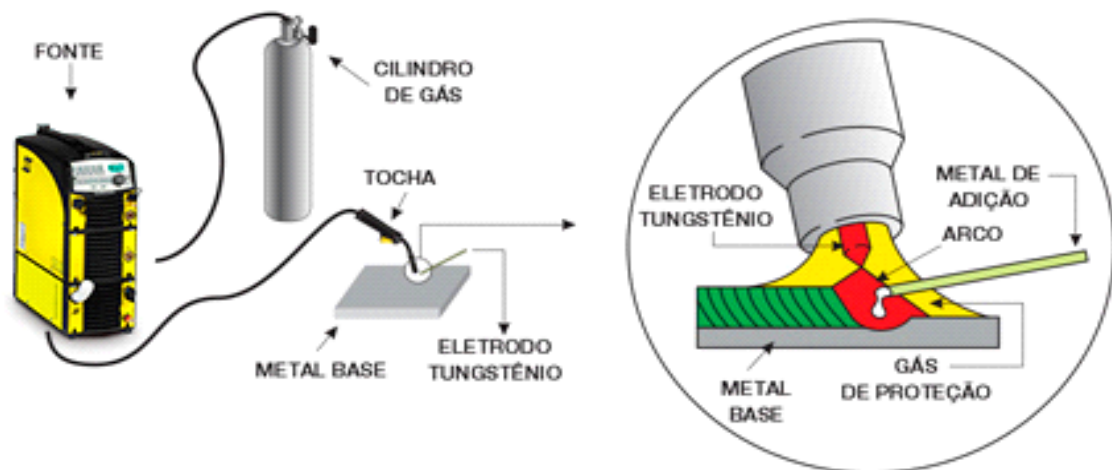
A grande tolerância térmica dos austeníticos, tornou este material adequado em temperaturas mais baixas, não são magnéticos. O aço AISI 316L entra na classe de aços inoxidáveis austeníticos, para estes são empregados uma mesma forma de trabalho em solda, são os mais fáceis para soldar entre as 3 classes principais e são fabricados por solda a arco, os processos mais comuns nesse tipo de material são os eletrodos manuais, arco elétrico com proteção gasosa MIG/MAG/TIG e arame tubular (Eutectic Castolin, 2006).

De acordo com (ESAB, 2016) “Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) ou GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) é um processo que utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível. O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera protetora de gás inerte. Se um metal de enchimento é necessário, ele é adicionado no limite da poça de fusão. A soldagem TIG produz uma solda limpa e de alta qualidade. Como não é gerada escória, a chance de inclusão da mesma no metal de solda é eliminada, e a solda não necessita de limpeza no final do processo.”

O processo Laser “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” é definido como um feixe de radiação produzido por uma máquina, foi desenvolvido devido a alta capacidade de se propagar no ar com pouco divergência, feixes orientados por óptica sem perda ou alteração de suas características físicas (Info Solda, 2013).

Com a qualidade da radiação Laser, sua utilidade na soldagem deve-se a obtenção de características impossíveis em outros processos, como a alta velocidade de soldagem, não requer contato entre a máquina de solda e a peça a ser soldada, baixa entrega térmica, baixas distorções e menor zona afetada pelo calor. Pode-se analisar nas Figuras 1 e 2, respectivamente os processos de soldagem TIG e Laser, para um melhor entendimento (Esab, 2016).

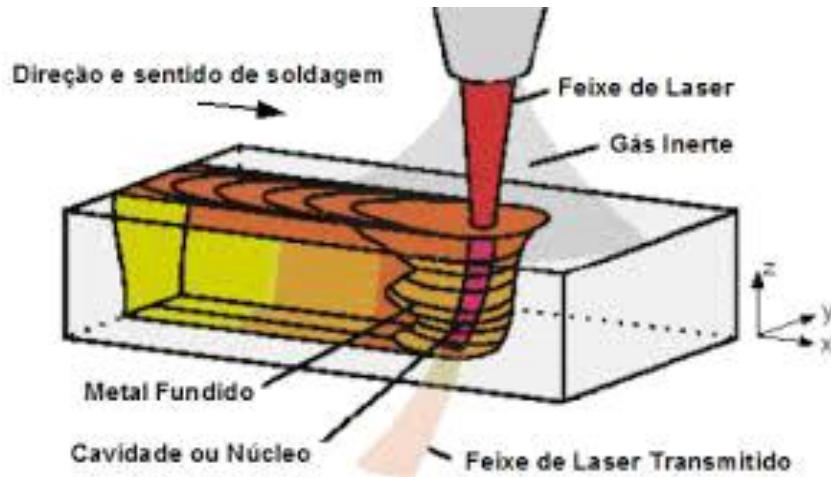
FIGURA 1- Processo TIG



Fonte: [esab](#)

Na Figura 1 podemos observar todo o processo TIG, utilizando uma máquina de solda e um cilindro de gás inicia-se o processo formando um arco elétrico, onde o eletrodo de tungstênio, os metais de adição e o gás de proteção entrando em ponto de fusão unindo as chapas.

FIGURA 2- Processo Laser



Fonte: ebah

Segundo (Modenesi, 2001), O aço AISI 316L é semelhante ao 316 (sua composição conta com molibdênio, o que torna esta liga superior aos 304 e 304L para aplicações nos mesmos tipos de indústrias só que com baixo teor de carbono), o que proporciona maior resistência à corrosão intercrystalina.

Segundo (da Silva, 2017) As principais aplicações do aço AISI 316L são: peças de válvulas; bombas; tanques; evaporadores e agitadores; equipamentos têxteis condensadores; peças expostas à atmosfera marítima; adornos; tanques soldados para estocagem de produtos químicos e orgânicos; bandejas; revestimento para fornos de calcinação. Conforme a definição descrita sobre aço 316 L, podemos analisar na Tabela 1, citada por (da Silva, 2017).

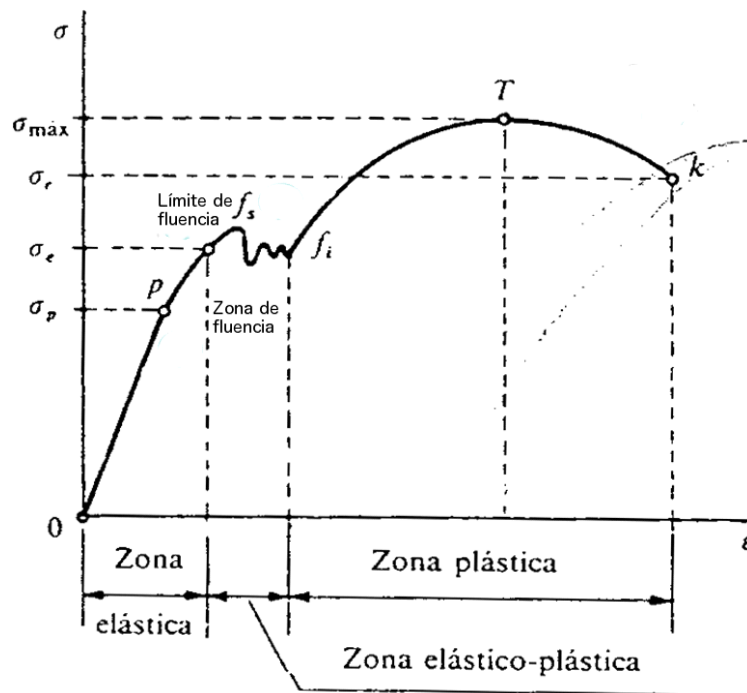
Tabela 1 – Composição química do aço AISI 316 L (% em peso).

Elementos	C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S	Mo
AISI 316L	0,030	17,28	13,00	0,80	0,75	0,045	0,003	2,3

Fonte: da Silva, 2017.

Como descrito pelos autores, podemos analisar na Figura 3 o gráfico de tensão x deformação indicando o limite de resistência a tração.

FIGURA 3- Gráfico tensão (mpa) x Deformação(mm)



Fonte: Antunes, Correa, Cortez e Nascimento, 2010.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi dividido em duas partes, primeiramente foi feito um estudo das dissertações de: Da Silva (2017) e Silva (2017). Em cada dissertação foi analisado os limites de resistência a tração do aço inox 316L e avaliando que os processos de soldagem empregados foram diferentes, no caso TIG e Laser, mas em condições de energia de soldagem equivalentes, foi feito então, um comparativo das médias dos limites de resistência a tração de ruptura de cada um dos trabalhos estudados.

Foi pego os dados já tabelados de cada limite de resistência dos corpos de provas utilizados nos dois tipos de processos de soldagem. Analisando estes resultados utilizou-se do cálculo da média do limite de resistência para cada situação de aporte térmico, já especificado pelos autores em estudo.

Analisa-se na Tabela 2 Média do limite de resistência de ruptura obtidas por (da Silva, 2017), sendo utilizado o processo TIG.

Tabela 2 – Média dos limites de resistência para cada variação de aporte térmico.

CP	Velocidade de	Aporte Térmico	Limite de	Média	DP
----	---------------	----------------	-----------	-------	----

	soldagem (mm/min)	(J/mm)	Ruptura (Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
CP01	375	191,40	644,884	630,58	20,23
CP02	375	191,40	616,279		
CP03	400	179,44	589,457	590,97	2,14
CP04	400	179,44	592,481		
CP05	425	168,88	593,178	584,57	12,17
CP06	425	168,88	575,969		
CP07	450	159,50	576,357	567,91	11,95
CP08	450	159,50	559,457		
CP09	475	151,11	630,543	626,40	5,87
CP10	475	151,11	622,248		
CP11	500	143,55	584,961	591,40	9,10
CP12	500	143,55	597,829		
CP13	MB	MB	636,589	635,78	1,15
CP14	MB	MB	634,961		

Fonte: da Silva , 2017.

Analisando a Tabela 2 pode-se observar que não houve tanta variabilidade do limite de resistência a tração de acordo com a variação do aporte térmico.

Analisa-se na Figura 4 as Médias do limite de resistência de ruptura obtidas por (da Silva,2017) , sendo utilizado o processo a laser.

Figura 4 – Médias do Limite de resistência de ruptura .

	Sem Solda	L50	L60	L70	L80	L90
Limite de Escoamento (MPa)	419	349	347	438	434	434
Limite de Resistência (MPa)	699	582	579	730	724	724

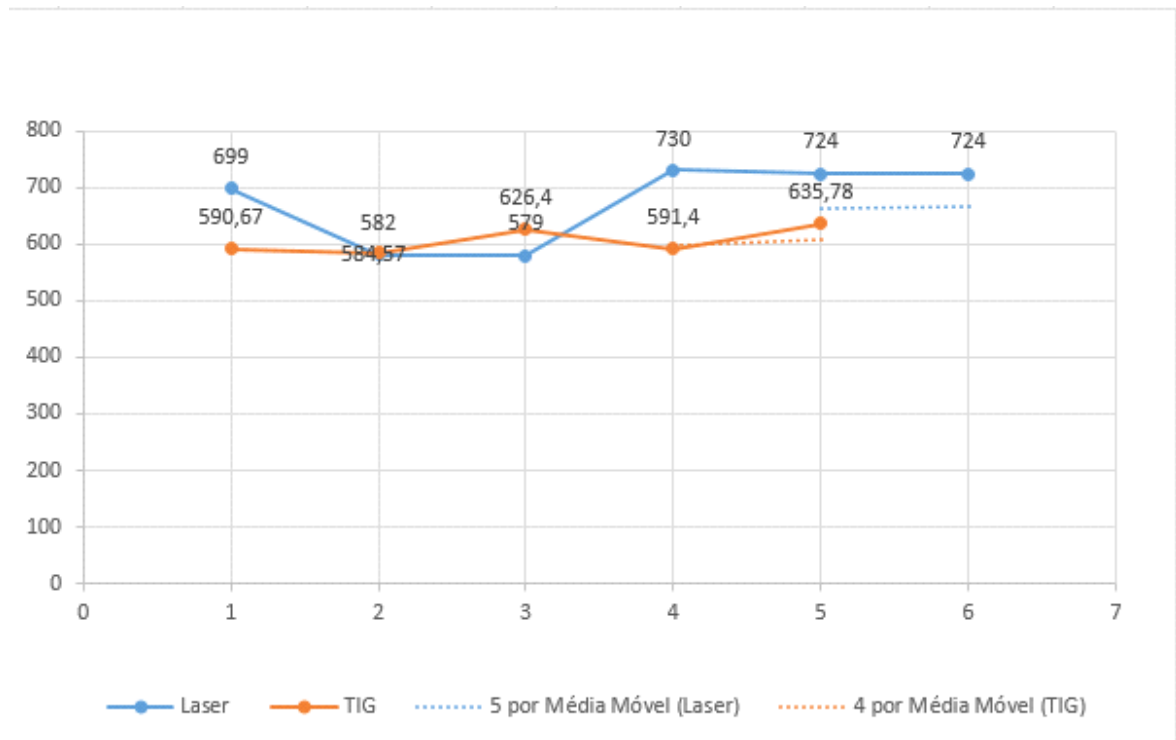
Fonte da Silva, 2017.

Depois de analisado os resultados das médias de cada resistência a tração para cada processo de soldagem, feito um comparativo dos limites de resistência de ruptura em função da energia de soldagem para avaliar qual dos processos de soldagem consegue maiores valores de resistência a tração para o mesmo material, que será destacado no próximo capítulo em estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma melhor análise dos resultados gerados na comparação dos limites de resistência de ruptura de cada situação descrita acima, segue na Figura 5 o gráfico comparando as médias dos limites de resistência a soldagem por TIG x Laser.

Figura 5 : Gráfico de Comparação das médias dos limites de resistência a soldagem por TIG x Laser .



Fonte : Do autor .

Analisando o gráfico, pode-se observar que os limites de resistência de ruptura no processo de soldagem a Laser foram maiores do que os limites encontrados no processo TIG, basta verificar a média geral dos pontos de cada processo, a qual o processo a Laser apresentou 680,9Mpa e o processo TIG 596,28Mpa, isso se deve ao maior exatidão do processo Laser na soldagem de chapas finas de 1 mm e também de um maior controle da energia de soldagem.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o estudo comparativo dos processos TIG e Laser é de suma importância para avaliar a eficiência dos processos na soldagem de chapas finas, bem como a utilização correta dos parâmetros de soldagem, pois estes podem influenciar na resistência de ruptura a tração do material estudado neste trabalho e constatamos que a utilização do processo TIG é o melhor devido ao uso, porém o processo Laser tem-se um maior limite de resistência a tração por ser um processo tecnologicamente superior ao TIG. Fica como sugestão para trabalhos futuros a análise também da dureza do cordão de solda relacionado com o limite de resistência a tração, pois podem se apresentar diretamente proporcional.

REFERÊNCIAS

AÇO AISI 316/ AISI 316L . Disponível em: <<http://www.favorit.com.br/produtos/acos-inoxidaveis/aco-aisi-316-aisi-316-l>>. Acesso em: 10 out. 2016.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS AÇOS INOXIDÁVEIS. Disponível em: <http://www.nhozinho.com.br/tabelas/carateristicas_acos_inoxidaveis.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

DA SILVA, Daniel Fernando . INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO NA SOLDAGEM DE CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L SOLDADAS PELO PROCESSO TIG(GTAW) AUTOMATIZADO. 2017. 82 f. ARTIGO (INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO NA SOLDAGEM DE CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L SOLDADAS PELO PROCESSO TIG(GTAW) AUTOMATIZADO/ Engenharia Mecânica)- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”, FACULDADE DE ENGENHARIA, Ilha Solteira, 2017.

HISTORIA do aço . Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/introducao.asp>>. Acesso em: 11 out. 2016.

[HTTP://WWW.IEM.UNIFEI.EDU.BR/PROFESSORES/EDMILSON/TENSAORESIDUAL.PDF](http://www.iem.unifei.edu.br/professores/edmilson/tensaoresidual.pdf). Disponível

em: <<http://www.iem.unifei.edu.br/professores/edmilson/tensaoresidual.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

LINHA MUNDIAL EUTECTIC CASTOLIN PARA SOLDAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS. Disponível em: <http://www.eutectic.com.br/catalogos/catalogo_inox.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

MÁQUINAS de Ensaio Universais. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6545-maquinas-de-ensaio-universais#.WBOe2S0rLIV>. Acesso em: 16 out. 2016.

MÁQUINA de Solda com Eletrodos - Inversor ou Transformador?. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/maquina-de-solda-eletrodos-inversor-ou-transformador.cfm>>. Acesso em: 12 out. 2016.

MAROUÇO, Erick de Sousa et al. ESTUDO DO APORTE TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE METAIS DE SOLDA DE AÇO C-Mn OBTIDOS PELO PROCESSO ARCO SUBMERSO. Disponível em: <<http://tecnologiammm.com.br/files/v10n2/v10n2a05.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2016.

MORAES E VIDEIRA, ARTHUR . INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO DA SOLDAGEM GTAW NO BALANÇO DE FASES FERRITA/AUSTENITA DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205. Disponível em: <http://file:///D:/Users/Hp/Downloads/videira_am_me_ilha.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

SILVA, Carolina de Oliveira. CARACTERIZAÇÃO DO METAL DE SOLDA DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L COM LASER PULSADO Nd:YAG. 2017. 72 f. ARTIGO (CARACTERIZAÇÃO DO METAL DE SOLDA DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L COM LASER PULSADO Nd:YAG / Engenharia Mecânica)- FACULDADE DE ENGENHARIA, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” , Ilha Solteira, 2017.

SOLDAGEM. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/4295-soldagem>>. Acesso em: 11 out. 2016.

SOLDAGEM A LASER - CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/190-soldagem-a-laser.html>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

SOUZA, Sérgio A. de. Ensaios mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos. 5. ed. São Paulo: Ed. EdgardBlücher, 1982.

PROCESSO de Soldagem - TIG (GTAW). Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm>. Acesso em: 12 out. 2016.

ZEEMANN, Annelise. Energia de Soldagem. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/metal/energia-de-soldagem.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

Pedro Duarte Antunes ^a, Edmilson Otoni Corrêa ^b, Rafael Marcos Cortez ^c, Andreas Nascimento - Influência da Composição Química do Metal de Adição nas Propriedades Mecânicas e na Susceptibilidade à Corrosão sob Tensão de Juntas Soldadas do Aço Inoxidável Ferrítico AISI 444. C.Tecn. Mat., Lisboa, v. 22, n. 1-2, p. 96-101, jun. 2010. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext
HYPERLINK "http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"& HYPERLINK
"http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"pid=S0870-83122010000100011
HYPERLINK "http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"& HYPERLINK
"http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"lng=pt HYPERLINK
"http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"& HYPERLINK
"http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-83122010000100011&lng=pt&nrm=iso"nrm=iso">. acessos em 07 jun. 2017.