

SOLDAGEM POR ATRITO: UMA REVISÃO SOBRE SUAS APLICAÇÕES E EFEITOS NAS PROPRIEDADES DAS JUNTAS SOLDADAS

Flávia Renale Marques Silva¹

Graciely de Souza Vital²

Kevin Nicolas da Silva Santos³

Marcos Mesquita da Silva⁴

Luiz Fernando Alves Rodrigues⁵

RESUMO

A soldagem por atrito vem sendo utilizada em diversos setores industriais, como a indústria petrolífera, naval, metal mecânica e aérea. Ela é caracterizada por realizar um processo de soldagem no estado sólido, onde os materiais soldados não atingem seu ponto de fusão, o que favorece a permanência das propriedades dos materiais de forma significativa. Além disso, a soldagem por atrito apresenta, em diversos estudos, resultados favoráveis a sua utilização, como soldas com boa resistência mecânica, e com ZTA muito pequena. Nesse sentido, este trabalho tem o objetivo de analisar os parâmetros e técnicas que vem sendo utilizados durante a aplicação da soldagem por atrito como método de união de metais. Foram estudados trabalhos experimentais que foram divulgados através da publicação de artigos, monografias, dissertações e teses, ressaltando pontos que vão desde a origem da soldagem por atrito, até a sua utilização nos setores industriais. A partir deste estudo foi possível ter uma idéia geral do comportamento de juntas soldadas por atrito, em relação ao material a ser soldado, assim como sua geometria ou técnica de união utilizada.

Palavras-chave: Soldagem por atrito convencional, Soldagem por fricção rotativa, Propriedades da junta soldada.

¹Aluna do Curso Técnico em Petróleo e Gás, IFPB, Campus Campina Grande-PB, flavia.renale@academico.ifpb.edu.br

¹Aluna do Curso Técnico em Petróleo e Gás, IFPB, Campus Campina Grande-PB, graciely.fernanda@academico.ifpb.edu.br ;

¹Aluno do Curso Técnico em Petróleo e Gás, IFPB, Campus Campina Grande-PB, kevin.nicolas@academico.ifpb.edu.br;

¹ Professor co-orientador: Doutor, IFPB, Campus Campina Grande-PB, marcos.silva@ifpb.edu.br ;

¹ Professor orientador: Doutor, IFPB, Campus Campina Grande-PB, luiz.rodriques@ifpb.edu.br

INTRODUÇÃO

A soldagem por atrito ou fricção pertence ao grupo de processos de soldagem por pressão. Este processo de união consiste na aplicação de uma força localizada e elevada nas superfícies metálicas a serem soldadas com o intuito de promover o aquecimento e a deformação plástica nas estruturas, permitindo, assim, a aproximação dos átomos e a união dos metais (MANDONESI; MARQUES, 2012).

A soldagem por atrito acontece com ambos os materiais, a serem soldados, em estado sólido, sendo o calor gerado de forma mecânica, onde uma das peças se mantém fixa e em contato com a que será colocada em movimento sendo mantidas sob pressão uma contra a outra. É um processo realizado em poucos segundos, e as juntas formadas mostram boa resistência mecânica e uma ZTA menor que as encontradas em outros processos (WAINER; BRANDI, 2004).

Diversos materiais podem ser soldados a partir da soldagem por atrito/fricção (com exceção do ferro fundido), e como não há possibilidade de se atingir o ponto de fusão dos materiais utilizados ou até mesmo o uso do material de adição, as propriedades estruturais e microestruturais não se diferem, de forma significativa, dos materiais de base (FARIA; BRACARENSE, 2003).

Dentre os processos de soldagem por atrito, temos a soldagem por atrito convencional, que é o método mais comum por ser relativamente fácil de ser empregando. Neste caso, a fricção é realizada com uma das peças em estado estacionário enquanto a outra gira sua superfície sobre a primeira. Assim, ocorre um aquecimento localizado nas superfícies em contato e suas regiões adjacentes, promovendo o coalescimento das partes e ao cessada a rotação da peça que estava em movimento é aplicada uma pressão, promovendo-se, assim, a união (SILVA; GIMENES JUNIOR, 2020).

A soldagem por fricção pode ser encontrada em diversas áreas como, aviação, automobilística, metal mecânica, militar, agrícola, assim como, na indústria petrolífera (FARIA; BRACARENSE, 2003). Destacando-se algumas de suas aplicações, nesta última área, temos que a soldagem por atrito é utilizada quando se pretende realizar manutenção em equipamentos que trabalham em plataformas marítimas. Neste caso, os equipamentos podem ser reparados pelo processo Friction Hydro Pillar Processing (FHPP), o qual também pode ser

utilizado para reparos de tubulações e dutos, usados em refinarias de petróleo e gás (FORMOSA, 2011)

Assim, dada a importância do processo de soldagem por atrito no setor de petróleo e gás, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura quanto à aplicação desse processo como método de união de materiais, comparando resultados obtidos em diversos trabalhos estudados a fim de obter informações como: análise das variantes do processo, em quais materiais ele é mais utilizado e como cada material se comporta em termos macro e micro estruturais ao ser submetido a soldagem por atrito, permitindo assim, uma maior compreensão do uso desta tecnologia.

METODOLOGIA

Para esse trabalho foram consultadas diversas fontes como, artigos, monografias, trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações com o objetivo de avaliar e comparar os materiais utilizados para a realização do processo, parâmetros de soldagem relevantes como velocidade de rotação, pressão de solda e de forjamento e tempo de solda e de forjamento, assim como, identificar problemas que, porventura podem ocorrer durante o processo. A Tabela 1 apresenta os trabalhos estudados juntamente com o método aplicado de soldagem e alguns parâmetros de teste que foram utilizados durante a união dos materiais.

Tabela 1- Publicações relacionadas à soldagem por atrito utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

ARTIGOS RELACIONADOS À SOLDAGEM POR ATRITO CONVENCIONAL	PROCEDIMENTO UTILIZADO	MATERIAL SOLDADO	PARÂMETROS UTILIZADOS
1 - Substituição da soldagem MAG por soldagem por fricção em tubos hidráulicos (SBALCHIERO, 2016)	- Processo de Soldagem MAG (metal active gás) - Processo de soldagem por fricção	Tubos hidráulicos: Aço SAE 1026; Aço SAE 1029; Aço SAE 1030.	680/647 ^a 55 KN ^b 145 KN ^c 217 KN ^f

<p>2 - Efeitos dos parâmetros de processo na dureza da ZTA em soldas por fricção de cardan. (NIEDWISK, 2013)</p>	<p>Processo de soldagem por fricção convencional</p>	<p>Tubo baixo carbono (CE=0.40) Garfo médio carbono (CE=0.64).</p>	<p>ESTRATÉGIA 1 300-750 rpm^a 7 TON^f 23.5-26 s^d</p> <p>ESTRATÉGIA 2 300-750 rpm^a 10-37,5 s^d 5 TON^f</p> <p>ESTRATÉGIA 3 600 RPM^a 15-15,5 s^d 4-10 TON^f</p>
<p>3 - Desenvolvimento do Processo de Solda por Fricção para Fabricação Componentes de bombas hidráulicas. (SERENA et al. 2017)</p>	<p>Processo de Soldagem por fricção convencional</p>	<p>Pinos: Aço AISI 8620,</p>	<p>2000 RPM^a 5 Bar^b 5 Bar^c 86,6N^f</p>
<p>4 - Comparação de estrutura resultante entre soldagem FRW e GTAW para aço ABNT 1020 (GRAHL, 2014)</p>	<p>-Processo de soldagem por FRW (Friction Rotation Welding); -Processo de soldagem GTAW (Gas Tungsten Arc Welding).</p>	<p>Barras: aço ABNT 1020 de 1/2''</p>	<p>2000 RPM^a Exercida pela mão do operador^b Exercida pela mão do operador^c 10 s^d 3s^e</p>
<p>5 - Caracterização mecânica e estudo do Perfil térmico na soldagem por fricção Rotativa de materiais dissimilares. (ALVES, 2016)</p>	<p>Processo de soldagem por fricção rotativa/ Friction Rotation Welding (FRW)</p>	<p>Barras cilíndricas: ligas de alumínio AA 6351-T6; Aço inoxidável AISI 304L.</p>	<p>- 300 MPa^b 1200 MPa^c 5 s^d 2 s^e</p>

<p>6 - Influência dos Parâmetros de Soldagem em Tubos de Alumínio AA6063 pelo Processo CDFW (BRAGUINE, 2018)</p>	<p>Continuous Drive Friction Welding (CDFW)</p>	<p>Tubos de alumínio AA6063,</p>	<p>Nível 1 1250 rpm^a 686 Mpa^b - 11 s^d Nível 0 1600 rpm^a 1227 Mpa^b - 15 s^d Nível 1 2500 rpm^a 1840 Mpa^b - 19 s^d</p>
<p>ARTIGOS RELACIONADOS À SOLDAGEM POR PINO</p>	<p>PROCEDIMENTO UTILIZADO</p>	<p>MATERIAL SOLDADO</p>	<p>PARÂMETROS UTILIZADOS</p>
<p>7 - Soldagem por Atrito com Pino Não Consumível de Aços Inoxidáveis Duplex (SANTOS, 2016)</p>	<p>Processo de soldagem por fricção de pinos não consumíveis</p>	<p>Chapas de Aços inoxidáveis: - Duplex UNS S32101 e S32205; - Superduplex S32750 e S32760.</p>	<p>Juntas preliminares: 200-600 rpm^a 50-150 mm.min⁻¹X^g 22 KN^f Juntas finais: 200-450 rpm^a 60 e 100 mm.min⁻¹g 37 KN^f Parâmetros adicionais: - Controle de posição para juntas preliminares - Controle por força para juntas finais</p>

8- União de Juntas Dissimilares Alumínio-Aço de Chapas Finas pelo Processo de Soldagem por Atrito com Pino não Consumível (TORRES; RAMIREZ, 2011)	Processo de soldagem por fricção com pino não consumível	Chapas da liga de alumínio 6063-T5 e aço AISI SAE 1020	300 rpm ^a 150 mm.min-1 ^g Parâmetros adicionais: - Controle por força - Controle por posição
9- Estudo da Microestrutura Formada no Processo de Soldagem por Atrito em Aço C-Mn com Pino Consumível. (LESSA et al, 2011)	Processo de soldagem por fricção com pino consumível	Chapa de aço EN10025; II pinos consumíveis de aço BS970-3 150M19.	1550 ver/min ^a 31,3/5,2/2,0 s ^t 50kN, 200kN, 400kN ^f

^a velocidade de rotação; ^b pressão de aquecimento ^c pressão de forjamento; ^d tempo de aquecimento; ^e tempo de forjamento; ^f força axial; ^g velocidade de avanço.

Fonte: Próprio autor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sbalchiero (2016) realizou um estudo para analisar a soldagem MAG em comparação a soldagem por atrito/fricção na soldagem de um conjunto camisa de cilindro hidráulico. A soldagem ocorreu em um conjunto de peças (fundo e tubo e tubo e flange) os quais estão dispostos na Figura 1.

Figura 1 - Conjunto camisa de cilindro hidráulico soldado nos processos MAG e fricção (SBACHIERO, 2016)



Fonte: Próprio autor

Neste estudo foram feitas análises dimensionais e químicas das amostras a serem soldadas. O tubo para soldagem tinha como material o aço SAE 1026 e o tubo e a flange o aço SAE 1030 obtidos através de usinagem. Além disso, também foram feitas algumas análises

dimensionais para avaliar o desenvolvimento da soldagem. Estes foram repetidos diversas vezes para comprovar a eficácia dos parâmetros de soldagem escolhidos (SBALCHIERO, 2016).

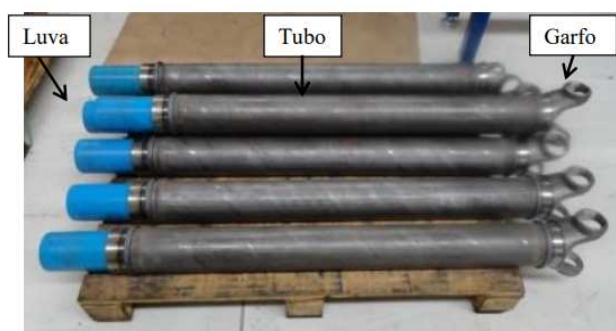
Nos resultados encontrados por Sbalchiero (2016), os corpos de prova resistiram aos ensaios de tração e dobramento sem apresentar falhas, como é esperado quando se utiliza a soldagem por atrito, porém, o mesmo não foi observado na soldagem MAG, a qual apresentou falhas visíveis, principalmente nos ensaios de dobramento. Além disso, também pode ser observada uma diminuição da extensão da ZTA, que se apresentou muito menor em comparação com a soldagem MAG. A redução da ZTA da junta soldada por atrito já havia sido relatada por Faria e Bracarense (2003) como uma das vantagens do processo.

No trabalho de Niedwieski (2013) foi realizado um estudo para determinar a dureza da zona termicamente afetada (ZTA) em soldagem de cardans por meio da fricção convencional. A análise de dureza foi feita através da região soldada, de 0.2 em 0.2 mm de deslocamento, com carga de 300g imposta por um microdurômetro. Além disso, caracterizou-se a composição química com um espectrômetro (NIEDWIESKI, 2013)

As amostras foram divididas em três grupos e foram testadas e analisadas com diferentes parâmetros de força, rotação e tempo a fim de adequar o processo ao material utilizado e se ter um melhor desenvolvimento do processo de soldagem (NIEDWIESKI, 2013). Exemplos dos parâmetros utilizados neste trabalho estão mostrados na Tabela 1.

A meta estabelecida pelos estudantes era atingir durezas abaixo de 400 HV em cardans, cujos componentes (garfo, luva e tubo) estão presentes na Figura 2. Ao final das análises, foi comprovada a influência da velocidade rotação, que quanto maior for, mais estreita é a ZTA. Outro fato que pode ser discutido é a influência da força de rotação na microestrutura do material soldado, as quais quanto maiores forem, maior será a contribuição para a apresentação de microestruturas mais refinadas (NIEDWIESKI, 2013).

Figura 2 - Cardans soldados



Fonte: Próprio autor.

Serena et al, (2007) realizou soldagem por fricção em um aço AISI 8620 utilizando um equipamento adaptado para o processo. Foram realizadas soldas com diferentes parâmetros de força e rotação. Primeiramente foram utilizados os seguintes parâmetros: rotação de 4000 RPM, pressão de 5 Bar e força de 86,6N, porém com esses parâmetros o material apresenta falhas na estrutura do material, sendo assim a rotação foi ajustada para 2000 RPM, mantendo a mesma pressão e força (SERENA et al, 2017). Considerando a utilização dos parâmetros citados na Tabela 1, neste estudo, e considerando o material utilizado, é possível notar que a combinação torna-se satisfatória em relação a diversos pontos, como: resistência mecânica e também falhas visíveis, as quais se mostram pouco significativas, podendo-se concluir, então, que para este material a soldagem por atrito se torna vantajosa e eficiente (SERENA et al, 2017).

Em um outro trabalho, Alves (2016) realizou a caracterização microestrutural, mecânica e um estudo térmico do perfil entre a junção de juntas dissimilares de alumínio AA 6351 T6 e aço inoxidável AISI-304 l para aplicações aeroespaciais com diferentes geometrias de pino (regular e cônica). Para analisar as amostras, diversos ensaios foram feitos, como: tração, microdureza vickers, microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia de fotoelétrons por RX XPS, sistema de termopares, monitoramento da temperatura com terno câmera e modelamento analítico 1D.

Foi possível observar que combinando os parâmetros utilizados com os pino de geometria cônica, se obtém uma estrutura mais resistente e com uma eficiência de soldagem melhor em relação a soldagem com pinos regulares, incluindo o consumo de material que se mostrou melhor na geometria de pino cônico. Também se nota a eficiência da soldagem por fricção, obtendo-se soldas mais resistentes mesmo com materiais dissimilares como o alumínio e o aço (ALVES, 2016).

Já no trabalho de Grahl e Pereira (2014) foram analisados e comparados os resultados dos processos de fricção rotativa convencional e o processo GTAW. Para isso foram realizados, em barras de aço ABNT 1020 de ½”, ensaios de micrografia e dureza. Neste estudo buscou-se analisar os efeitos dos parâmetros de Velocidade de Rotação (RPM), Pressão e aquecimento (P1), Tempo de aquecimento (T2), Pressão de forjamento (P2), Tempo de forjamento (T2) e Velocidade de deslocamento do pistão sobre as propriedades da junta.

Após as diversas análises realizadas foi perceptível o desempenho da soldagem por fricção, que se sobressaiu em relação ao processo GTAW, principalmente em relação a extensão da zona termicamente afetada que se mostrou menos extensa. Resultados similares

foram observados no estudo feito por Sbalchiero (2016), conforme já relatado. Além disso, os trabalhos também mostraram resultados favoráveis quando há utilização do método de soldagem por fricção. (GRAHL; PEREIRA, 2014). Dessa forma percebe-se que a utilização da soldagem por fricção se mostra como um método de ótimo desempenho, tornando-a vantajosa a utilização deste método em diversas aplicações dado seu desempenho superior.

No estudo experimental, Braguine (2018) realizou uma avaliação das interações entre as variáveis do processo de soldagem por atrito com acionamento contínuo, em junção de tubos de alumínio AA6063. Os parâmetros mais significativos considerados foram: Rotação (rpm), pressão de atrito (P1), tempo de atrito (T1), Pressão de forjamento (P1) e Tempo de forjamento (T2). Durante o estudo realizou-se diversas análises que foram representadas por meio de gráficos, tabelas e imagens que representaram os resultados obtidos neste estudo.

No trabalho de Santos; Torres; Ramirez, (2016) foi realizada uma soldagem por atrito com pino não consumível em 4 aços inoxidáveis duplex. Esse método foi escolhido por possuir características que amenizam ou até anulam alguns problemas que são enfrentados durante o processo de soldagem por atrito, como solidificação da poça fundida, segregação de elementos de liga, formação de trincas de solidificação e liquefação. Utilizando os parâmetros, conforme Tabela 1, foi possível observar a eficiência das juntas quando utilizado os aços inoxidáveis no método de soldagem por atrito com pino não consumível, o que confere ao aço uma boa eficiência em diversos processos de soldagem por fricção além do processo convencional. Nesse método de fricção as superfícies das peças se mostram com um ótimo acabamento e também com ótimas propriedades mecânicas, demonstrando, por sua vez, que a soldagem por fricção é eficiente (SANTOS; TORRES; RAMIREZ, 2016)

No estudo realizado por Torres e Ramirez (2011) foi feito uma soldagem por atrito por pino não consumível unindo chapas de alumínio-aço a partir dos parâmetros descritos na Tabela 1. As análises contaram com a realização de microscopia óptica e eletrônica de varredura para analisar “o aspecto da superfície de solda, penetração na junta e o estado da ferramenta”. Ao final das análises foi possível observar algumas falhas no processo como alguns defeitos de superfície, como a aparição de trincas. É perceptível a importância de adequar cada parâmetro ao processo para que também não ocorra, por exemplo, o amolecimento excessivo do alumínio ou falta de penetração da ferramenta. Quanto ao ultimo ponto, foi possível detectar a melhor eficiência do método de controle por posição nesse procedimento, obtendo-se uma junta de superfície adequada.

Lessa et al, (2011) estudou a microestrutura formada a partir da soldagem por pino consumível no aço C-Mn. Para isso, se variou os valores de força axial (descritos na Tabela 1) para se determinar os melhores resultados. As análises realizadas foram metalografia, microscopia de luz (ML) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). No final das observações foi possível notar que, ao se utilizar forças maiores, como a de 400kN, a microestrutura se mostra com melhor qualidade, pois apresenta uma redução significativa na ZTA e, além disso, evitou a heterogeneidade entre os materiais soldados. Por outro lado, ao se utilizar forças menores, além de se aumentar o tempo de processo, ocorre uma falta de adesão ao longo da zona de ligação (ZL).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soldagem por fricção é uma técnica simples que reduz os problemas relacionados à soldagem, como a extensão da ZTA, o aparecimento de trincas, falta de homogeneidade entre os materiais soldados, falhas nas juntas, solidificação da poça fundida, mudanças significativas nas características dos materiais soldados em relação ao material de base, entre outros. Além disso, esse método possui um curto tempo de processo.

As análises mostraram que a utilização da soldagem por atrito em pinos não consumíveis se mostrou vantajosa ao se utilizar aço inoxidável, por apresentar resultados satisfatórios, diminuindo defeitos, como falhas nas juntas soldadas, solidificação da poça fundida, ou até aparecimento de trincas decorrentes da solidificação de material.

Da mesma forma, nota-se que a soldagem convencional pode ser vantajosa em todos os materiais apresentados. A exemplo disso, temos os aços descritos na Tabela 1, que apresentaram juntas com aparência visual de ótima qualidade, uma grande redução no aparecimento de trincas, melhora na adesão e melhor homogeneidade da microestrutura. Uma das principais características foi a grande diminuição da extensão do ZTA, o que confere as juntas boas qualidades microestruturais

Também é possível notar esse tipo de resultado com o alumínio, que apresentou qualidade semelhante ao do aço, apesar de apresentar mudanças maiores na microestrutura. Entretanto, essas não foram muito significativas.

Desta forma é importante destacar a importância da soldagem por atrito e a necessidade de se realizar mais estudos sobre a mesma para que se tenha cada vez mais informações que levem a sua utilização em todos os setores da indústria, sendo esses estudos

capazes de revolucionarem a utilização da mesma no meio industrial, com destaque para aplicações ainda mais robustas na área de Petróleo e Gás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do IFPB e CNPq, disponibilizado através do edital nº 18/2020 - PIBIC-EM – CNPq .

REFERÊNCIAS

ALVES, Eder Paduan. **Caracterização mecânica e estudo do Perfil térmico na soldagem por fricção Rotativa de materiais dissimilares**. Tese (Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. 210 p. 2016.

BRAGUINE, Tatiane Belluzzo. ALCANTARA, Soares Daniel. CASTRO, Carlos Alberto Carvalho. SANTOS, Gabriel Henrique Ribeiro dos. Influência dos Parâmetros de Soldagem em Tubos de Alumínio AA6063 pelo Processo CDFW. **Soldagem e Inspeção**. Varginha. vol.23 no.1 São Paulo, 2018.

FARIA, P. E; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem por Fricção**. Disponível em: www.inforsolda.com.br/prosol03.pdf. Infosolda. 2003. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

FORMOSO, Camila Monteiro. Controle e monitoramento de uma unidade de processamento de pinos por atrito para o reparo de dutos e tubulações de transporte de derivados de petróleo. **Revista Tecnologia**. Fortaleza. v. 32, n. 2, p. 164-174, 2011.

GRAHL, Vilmar Joãozinho. **Comparação de estrutura resultante entre soldagem frw e gtaw para aço abnt 1020**. Goiás. Monografia (Engenharia Mecânica). 2014. 44 p. Universidade de Rio Verde.

LESSA, Cleber Rodrigo de Lima; CAREGNATO, Marcelo Freitas; CUNHA, Pedro Henrique Costa Pereira da; CHLUDZINSKI, Mariane; STROHAECKER, Telmo Roberto; MACEDO, Márcio Levi Kramer de; PAES, Marcelo Torres Piza. Estudo da microestrutura formada no

processo de soldagem por atrito em aço C-Mn com pino consumível. **Soldagem e Inspeção**. São Paulo. vol.16 no.1., 2011.

MANDONESI, Paulo, MARQUES, Paulo. **Soldagem I: Introdução aos Processos de Soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Belo Horizonte. Janeiro. 52 p., 2012.

NIEDWIESK, Antonio Carlos. **Efeitos dos parâmetros de processo na dureza da ZTA em soldas por fricção de cardan**. Curitiba. 2013. 78 p. Monografia (I Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem). Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, Tiago Felipe de Abreu. TORRES, Edwar Andrés. RAMIREZ, Antonio José. **Soldagem por Atrito com Pino Não Consumível de Aços Inoxidáveis Duplex**. Soldagem e Inspeção. Pernambuco. Vol 21(1). 59-69. 2016.

SBALCHIERO, Jeferson André. **Substituição da soldagem MAG por soldagem por fricção em tubos hidráulicos**. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado). 2016. 88 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SERENA, Lucas. DACAS, Fernando Prando, WOLFART, Mario Junior. FEDRIGO, Ghisana. **Desenvolvimento do Processo de Solda por Fricção para Fabricação Componentes de bombas hidráulicas**. SECINTEC. Luzerna. VI. p.66-75. 2017.

SILVA, F. L. T.; GIMENES JÚNIOR, L. **Soldagem por Fricção**. InfoSolda, sd. Disponível em: https://infosolda.com.br/wpcontent/uploads/Downloads/Artigos/processos_solda/soldagem-por-friccao.pdf Acesso em: 20 de outubro de 2020.

TORRES, Edwar Andrés; RAMIREZ Antonio Jose. União de juntas dissimilares alumínio-aço de chapas finas pelo processo de soldagem por atrito com pino não consumível (SAPNC). **Soldagem e Inspeção**. Sao Paulo. vol.16 n.3. 2011.

WAINER, Emílio, BRANDI, Sérgio Duarte, MELLO, Fábio Décourt. **Soldagem processos e metalurgia**. Belo Horizonte. Minas Gerais. 3ª edição. 2004.