

## **Desenvolvimento do Processo de Solda por Fricção para Fabricação de Componentes de Bombas Hidráulicas**

**Lucas SERENA<sup>1</sup>, Fernando Prando DACAS<sup>2</sup>, Mario WOLFART Junior<sup>3</sup>, Ghisana FEDRIGO<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Discente do Ensino Médio Técnico Integrado em Mecânica, Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Luzerna, Brasil./lserena26@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Luzerna, Brasil./fernando.dacas@luzerna.ifc.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Metalúrgica, Docente do Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Luzerna/ mario@luzerna.ifc.edu.br

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica, Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Luzerna, Brasil/ ghisanaf@gmail.com

### **RESUMO**

A soldagem por fricção apresenta diversas vantagens perante a outros processos de união de materiais, dentre elas destaca-se o fato de não ser necessária atenção especial quanto a limpeza superficial, pois este processo tende a remover películas contaminantes e elimina-las junto a rebarba, possui um tempo de solda relativamente curto, a inexistência de respingos, fumos de solda e riscos de acidentes elétricos, assim como a união de materiais dissimilares de difícil ou impossível soldagem por outros processos. O objetivo do projeto foi avaliar e caracterizar soldas realizadas por fricção em aço AISI 8620, utilizando um equipamento adaptado para o processo. Durante o estudo foram realizadas soldas com diferentes parâmetros de força e rotação. Primeiramente utilizando parâmetros de rotação igual à 4000 RPM e pressão de 5 Bar tendo como resultante uma força de 86,6N. Após as análises metalográficas, foi possível observar falhas na estrutura do material, e assim os parâmetros foram alterados, até atingir os parâmetros ideais para o processo, com rotação de 2000 RPM e mantendo a mesma pressão e mesma força. O material não apresentou mais falhas. Após essas alterações o material não apresentou mais falhas em sua estrutura e o ensaio de tração apontou que o material suportou uma tensão superior à tensão do metal base sem a solda.

### **1. INTRODUÇÃO**

A solda por fricção convencional é um processo de união de materiais no estado sólido, este processo tende a remover películas contaminantes e elimina-las junto a rebarba. O calor necessário para realizar a união é gerado como resultado da fricção de duas superfícies em atrito sofrendo aplicação de carga axial controlada, A solda produzida por fricção é caracterizada pela presença de uma estreita Zona

Termicamente Afetada (ZTA), e por material deformado plasticamente na região em que as superfícies dos pinos consumíveis se tocam. Em relação ao processo de solda por arco elétrico, o processo de solda por fricção tem algumas vantagens, como à redução de riscos elétricos, à isenção de defeitos relacionados a solidificação, pois a soldagem é efetuada no estado sólido e a possibilidade de juntas de transição com materiais diferentes. Tendo em vista as vantagens apresentadas em relação aos processos convencionais que utilizam arco elétrico, o trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento e aprimoramento do processo de solda por fricção para a fabricação de componentes para bombas hidráulicas.

## 2. METODOLOGIA/DESENVOLVIMENTO

O projeto teve como metodologia o desenvolvimento de um processo de caracterização de um equipamento de solda por fricção através de um equipamento adaptado no IFC para realizar soldagens em pinos de aço AISI 8620.

Para a empresa Medal Bombas Hidráulicas o processo de solda por fricção, trará várias vantagens em relação aos processos de usinagem e para os processos convencionais de solda com a utilização de arco elétrico, acarretando em redução de custos com aquisição de equipamentos e com riscos decorrentes dos fumos liberados durante a solda por arco elétrico, bem como choque elétricos.

### Análise Química:

Para certificar-se que o material apresenta as composições químicas especificadas pelo fornecedor, foi realizada uma análise química no espectrômetro de emissão ótica SHIMADZU OES-5500II, disponibilizado pelo LABEMM (Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalúrgicos) presente no IFC–Luzerna. A Tabela 1 apresenta a sua composição química.

Tabela 1 - Composição química dos pinos – Fonte: Próprio Autor.

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
AISI								
8620	0,224	0,261	0,814	0,020	0,026	0,106	0,460	0,498

- Usinagem dos pinos:

A usinagem foi realizada no torno CNC ROMI Centur 30D, afim de manter as mesmas dimensões nos corpos de prova, minimizando erros de geometria dos pinos.

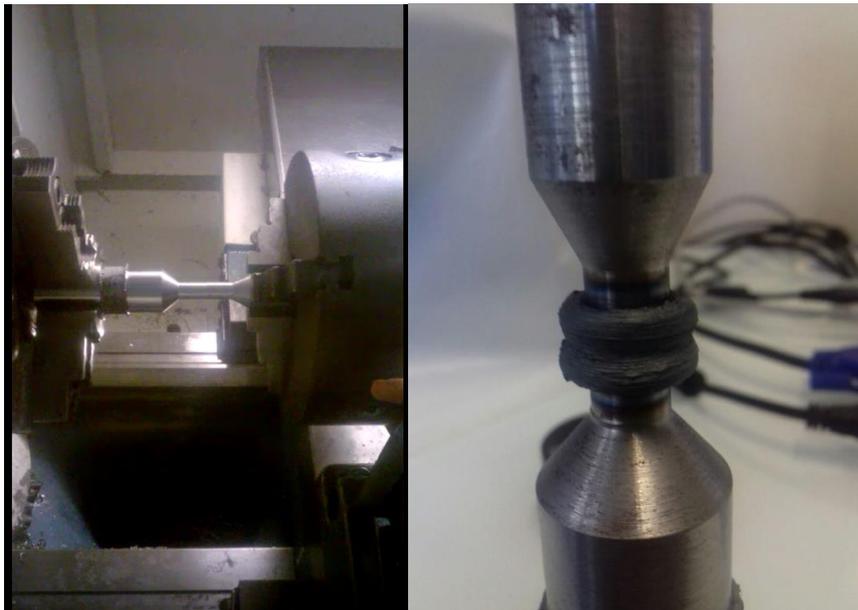
- Definição dos parâmetros:

Foram comparados 2 parâmetros de soldagem, que foram de rotação de 4000 RPM e pressão de 5 bar, onde estes parâmetros já haviam sido testados em outros equipamentos obtendo bons resultados. Com tudo, realizando os ensaios metalográficos foi detectado falhas no material, então os parâmetros foram alterados, para rotação de 2000 RPM, e pressão de 5 bar.

- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

- Soldagem:

Inicialmente foram fixados os corpos de prova, um na placa rotativa do torno e outro na placa fixa do torno, ajustando um curso de 10 mm. Posteriormente ligado o eixo arvore até chegar na rotação programada e desligado no instante que se inicia a criação de rebarba. Logo após o eixo arvore parado ocorre a compressão do material pastoso, para a eliminação de possíveis trincas.



*Figura 1 - Corpo de Prova montado na máquina e soldado - Fonte: Próprio Autor*

- Analises macro e micrográfica:

Através das análises metalográficas realizadas na região da solda foi possível verificar as modificações na microestrutura do material de acordo com a alteração dos parâmetros, bem

como a geração da zona termicamente afetada. O material passou pelos procedimentos padrão de preparo de amostras para a metalografia, regidos pela norma ASTM E3 (ASTM International, 2007).



Figura 2 - Amostra 2 - Fonte: Próprio Autor

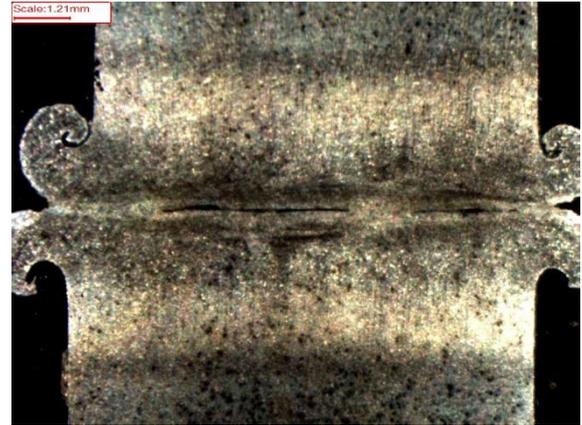


Figura 3 - Amostra 1 - Falha - Fonte: Próprio Autor

Após o preparo as amostras foram analisadas com o auxílio do microscópio metalúrgico ótico OPTIKA B-1000MET, e os seguintes resultados foram obtidos:

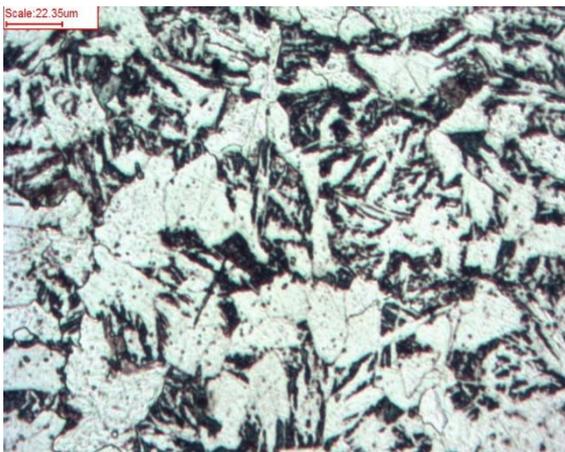
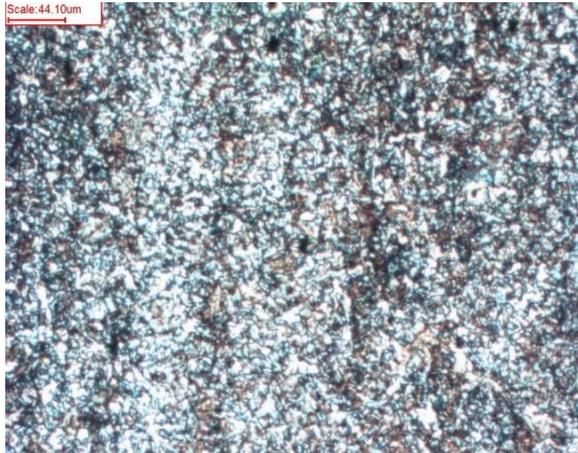


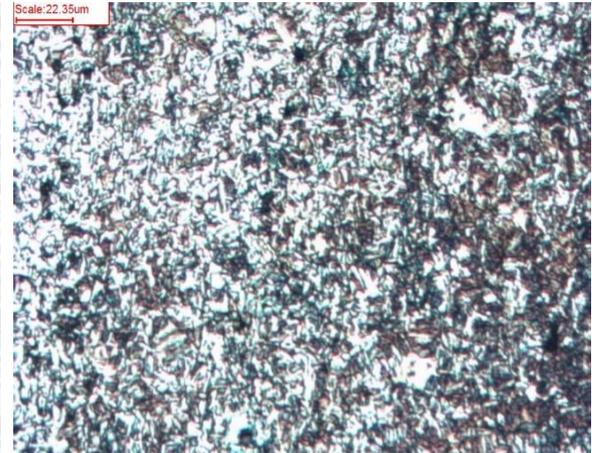
Figura 4- Metal Base (MB)- (Perlita + Ferrita) 200X – Fonte: Próprio Autor



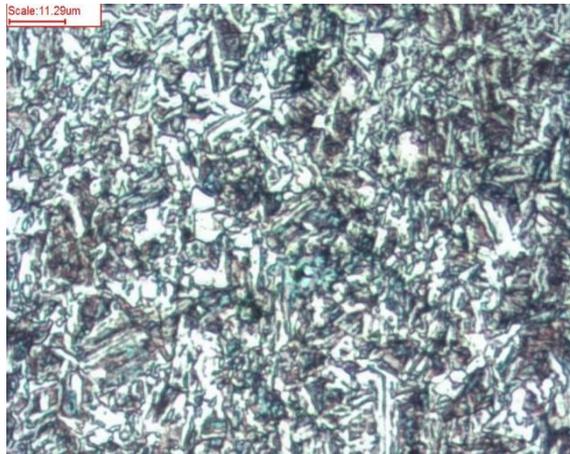
Figura 5 - Metal Base (MB)- (Perlita + Ferrita) 100X - Fonte: Próprio Autor



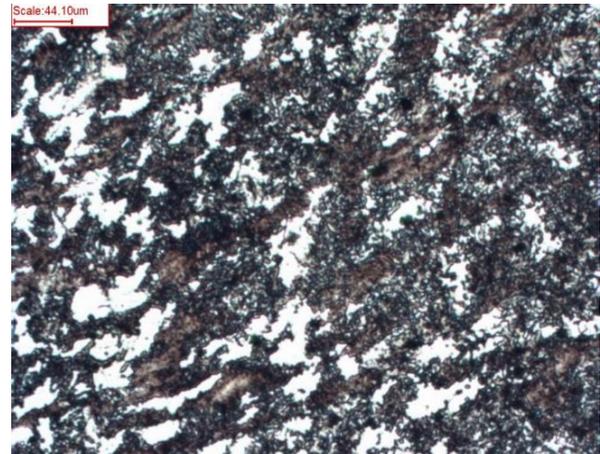
*Figura 4 – Metal de Solda (MS) 100X – Fonte: Próprio Autor*



*Figura 5 - Metal de Solda (MS) 200X – Fonte: Próprio Autor*



*Figura 6- Metal de Solda (MS) 400X – Fonte: Próprio Autor*



*Figura 7- ZTA 100X – Fonte: Próprio Autor*

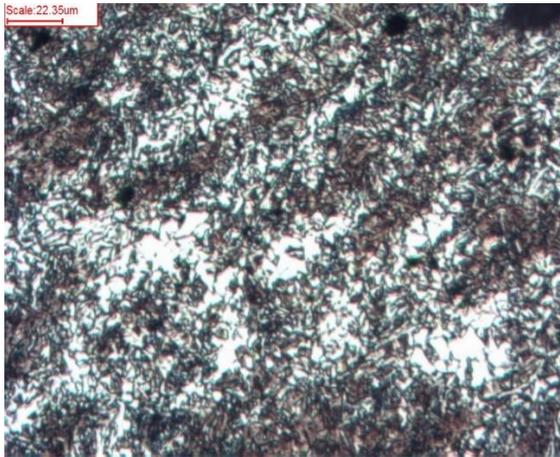


Figura 8- ZTA 200X – Fonte: Próprio Autor

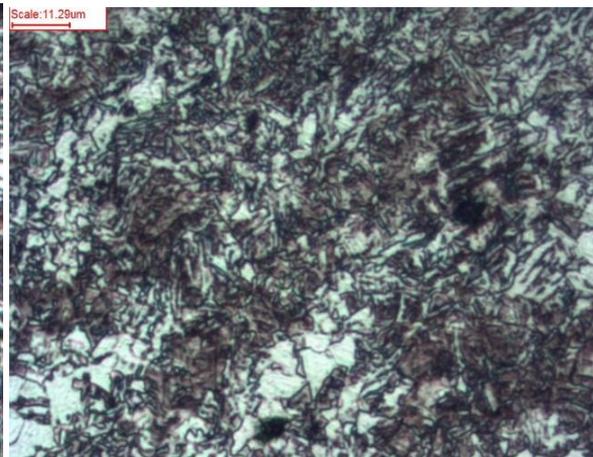


Figura 9- ZTA 400X – Fonte: Próprio Autor

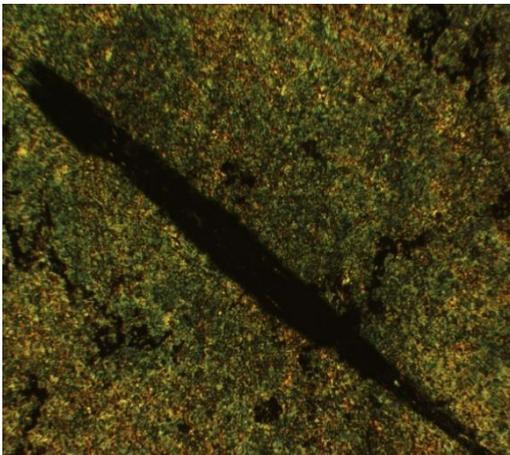


Figura 10- Primeira amostra - Falha - 50X - Fonte: Próprio Autor

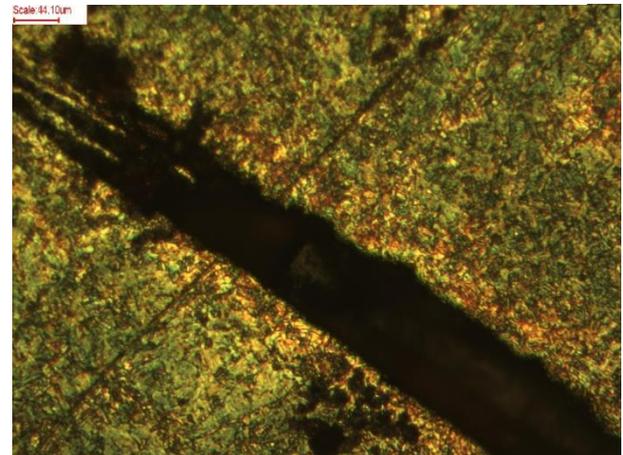


Figura 11 - Primeira amostra - Falha - 100X - Fonte: Próprio Autor

Após análises, foi possível observar que após o processo de soldagem, o corpo de prova sofreu um refino de grão, assim aumentando ainda mais a resistência do material.

- Ensaio de Tração:

Os ensaios de tração foram realizados de modo a comparar os resultados obtidos entre um corpo de prova do metal base de AISI 8620 e outros três, soldados por fricção.

Os corpos de prova foram confeccionados utilizando o torno CNC ROMI Centur 30D, seguindo de acordo com a norma ASTM A370 03a, que determina as dimensões do corpo de prova a ser utilizado. O equipamento utilizado para a realização dos ensaios de tração foi a EMIC DL 10000.

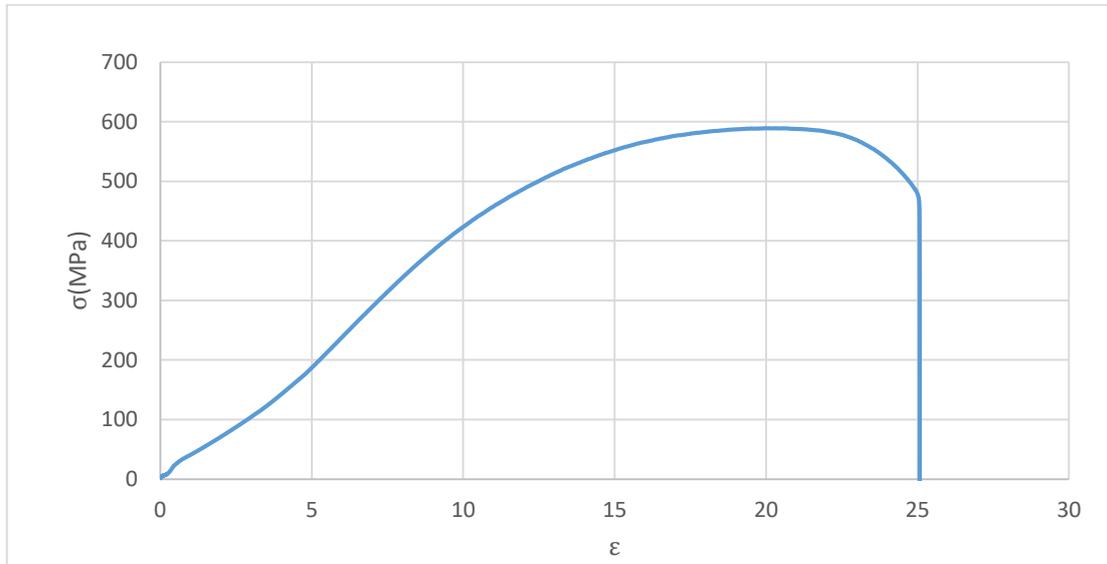


Figura 12 - Gráfico 1 - Gráfico Tensão(N) X Deslocamento(mm), material não soldado – Fonte: Próprio

Autor

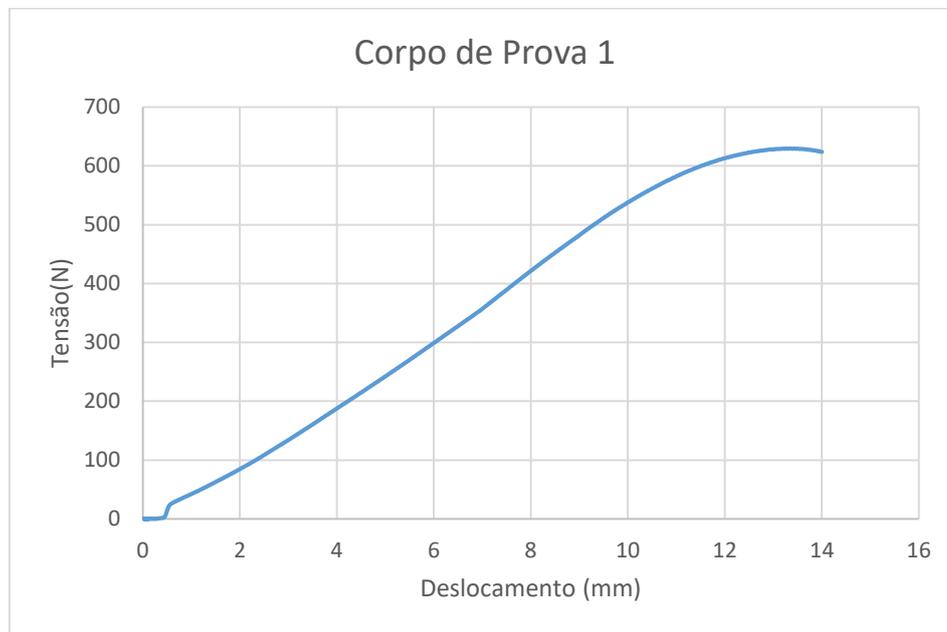


Figura 13 - Gráfico 2 - Corpo de prova 1 – Fonte: Próprio Autor

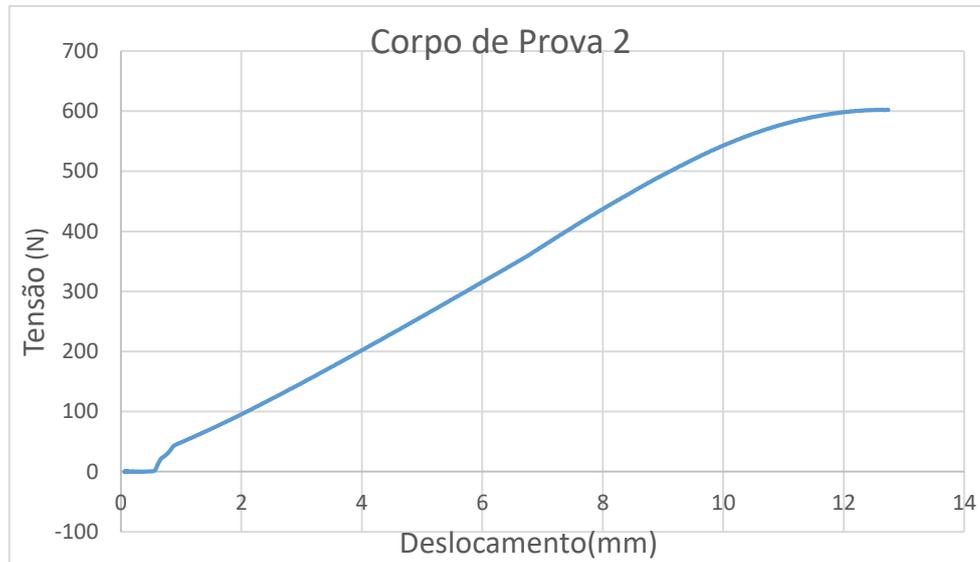


Figura 14 - Gráfico 3 - Corpo de prova 2 – Fonte: Próprio Autor

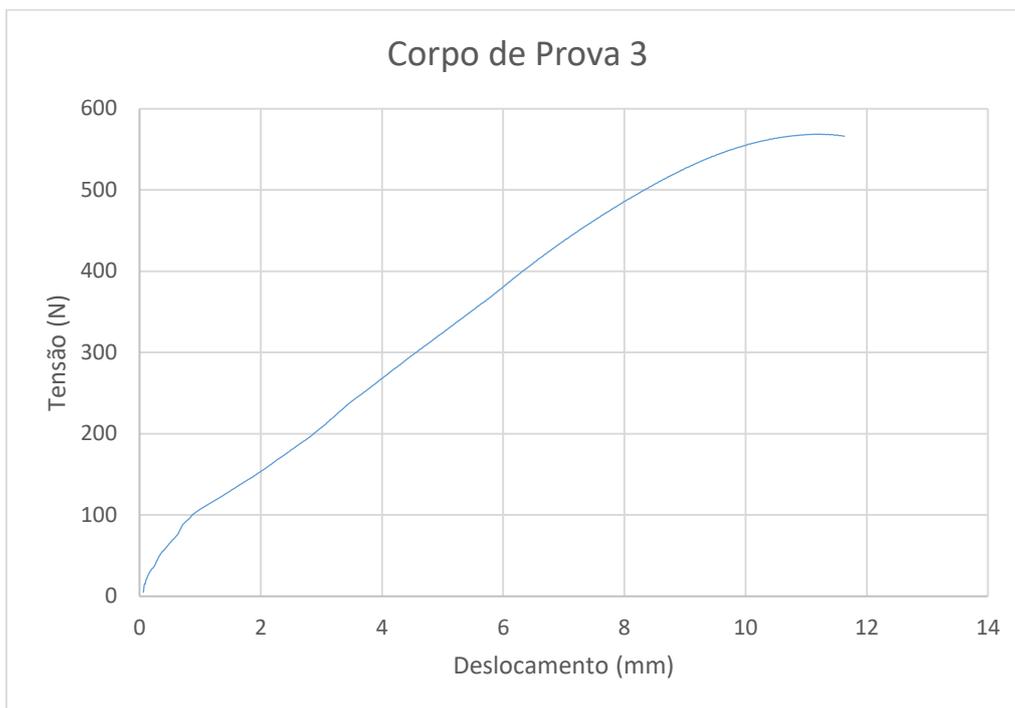


Figura 15 - Gráfico 4 - Corpo de Prova 3 – Fonte: Próprio Autor

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados foram satisfatórios, pois os testes realizados mostraram que a solda foi de extrema qualidade, como no ensaio de tração que a curva de tensão x deformação dos corpos de prova soldados foram maiores do que de um AISI 8620, além de o corpo de prova ter quebrado numa região acima ou abaixo da solda, mostrando que a solda adquiriu resistência mecânica. Outra análise que mostrou a qualidade da solda foi a análise de microestrutura que apresentou poucas falhas e que adotar rotações muito elevadas não apresenta bons resultados para este equipamento.

Os resultados obtidos foram repassados para a empresa Medal Bombas Hidráulicas, que podem ser ainda mais aperfeiçoados e assim trazendo uma solda de extrema qualidade. Assim podendo facilitar este processo que é muito utilizado nas indústrias metal-mecânicas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa Medal Bombas Hidráulicas, pelo apoio no projeto, ao IFC pelo financiamento da bolsa e ao LABEMM pelo auxílio nos ensaios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASM handbook. (1990). Metals Park, Ohio: ASM.
- [2] Kou, Sindo. **Welding Metallurgic – Second Edition**. New Jersey: A JOHN WILEY & SONS, INC., 2003.
- [3] Thomas W et al (1995). **Friction stir butt-welding**, U.S. Patent 5,460,317, October 24.
- [4] SANTOS, A.J. **Análise, projeto e construção de uma máquina didática por solda a fricção**. 8º congresso brasileiro de engenharia de fabricação, 2015.  
Disponível em: <<http://www.gatwicktechnologies.com/processes/friction-welding>>. Acessado em 27 de junho de 2016.
- [5] CHANDRASEKARAN, M. et al., **Friction Surfacing of Metal Coatings on Steel and Aluminum Substrate**. Journal of Materials Processing Technology 72, 1997, pp.446-452.
- [6] MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo V.; SANTOS, Dagoberto B.. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Belo Horizonte: Ufmg - Universidade Federal Minas Gerais, 2012. 209 p.
- [7] MATTEI, Fabiano. Desenvolvimento de equipamento para estudo de soldagem por fricção. Porto alegre: UFRGS, 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.