



INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS E VARIÁVEIS SOBRE A DEPOSIÇÃO COM ELETRODOS TUBULARES PELA TÉCNICA DA SOLDAGEM MOLHADA

⁽¹⁾ *Erwin Werner Teichmann*
⁽²⁾ *Carlos Eduardo Iconomos Baixo*
⁽³⁾ *Jair Carlos Dutra*
⁽⁴⁾ *Alexandre M. Pope*
⁽⁵⁾ *José Claudio Teixeira*

RESUMO

O crescente interesse por técnicas de reparo de estruturas em locação “off-shore” que demandem baixo custo operacional e curto tempo de execução, objetivando minimizar a perda por lucro cessante, tem levado a realização de trabalhos buscando qualificar a operação de soldagem como técnica a ser aplicada para a execução destes reparos. Para atingir este objetivo, várias soluções vem sendo empregadas, com maior índice de sucesso para aquelas que envolvem a soldagem a arco sem o encapsulamento com campânulas (técnica da soldagem molhada) e que utilizam processos baseados em consumíveis auto-protegidos. Como opção depositária de grande expectativa para a aplicação em reparos submarinos pela técnica molhada surgem os eletrodos tubulares. O maior atrativo para explorar a aplicação destes eletrodos está na possibilidade de associar a diversidade na composição do fluxo (característica dos eletrodos revestidos), com alta taxa de deposição (devido a alta densidade de corrente). Inserido em um programa mais amplo do LABSOLDA para o desenvolvimento de soldagem submarina, vem se estudando a aplicação dos eletrodos tubulares em reparos pela técnica molhada. Neste trabalho são apresentados alguns resultados encontrados, incluindo-se ai testes de campo realizados por soldador-mergulhador.

Palavras-chave: soldagem submarina, arame tubular, soldagem molhada

ABSTRACT

The growth of the interest for structural repair techniques in off-shore locations that demand low operational cost and short execution time, aiming the minimization of loss with production stop, has been leading to research development in order to qualify welding operations as a useful technique in this repairs. With this objective, some solutions are being used, with higher success chances to those that don't need the isolation between the welding zone and the watery surround (wet welding), mainly for self-protected consumables based processes. One good option is the Flux Cored Arc Wet Welding technique. The greatest attractive of this kind of technique is the association between the flux composition diversity (a SAW characteristic) and high deposition rate (due to the high current density). Inserted in the LABSOLDA's Underwater Welding Development Program is the application of the Flux Cored Arc Wet Welding repair technique. In this work are presented some results of this program, including welder-diver field tests.

Key-words: underwater welding, flux-cored wire, wet welding

(1) Eng. Mecânico, Mestrando LABSOLDA/UFSC

(2) Eng. Mecânico, Doutorando LABSOLDA/UFSC

(3) Prof. Dr. Eng., LABSOLDA/UFSC

(4) Eng. CENPES/PETROBRAS

(5) Eng. CENPES/PETROBRAS



1. INTRODUÇÃO

Prognósticos indicam que a extração mundial de petróleo deve alcançar 3.150 bilhões de toneladas até o ano de 2004, dos quais, pelo menos 32% serão provenientes do fundo do oceano. Aproximadamente a mesma proporção de gás natural extraída em todo o mundo é oriunda de poços submarinos [1 e 2]. Para permitir e facilitar a exploração destas reservas estão sendo concentrados esforços no sentido de desenvolver pesquisas que permitam a concretização destas metas. A soldagem tem mostrado ao longo dos anos a sua importância nas atividades industriais, e neste caso, não poderia ser diferente. Como técnica depositária de grande expectativa, surge a soldagem subaquática molhada, principalmente a soldagem com arames tubulares contínuos auto-protégidos. Tal expectativa se deve principalmente a características deste processo, como a alta taxa de deposição de material (em comparação com os eletrodos revestidos), baixo custo, curto tempo de execução e facilidade de automação [3]. Observa-se que na soldagem molhada, alguns princípios da soldagem a seco são respeitados. Portanto, a soldagem com arames contínuos resulta em maior produção em comparação com a soldagem com eletrodo revestido em consequência da menor área de passagem de corrente, e por conseguinte, maior densidade de corrente [4, 5 e 6]. Uma vez que a soldagem molhada não necessita de encapsulamento da região a ser soldada, os custos também são reduzidos em relação a soldagem subaquática a seco. A quantidade de equipamentos necessários para a realização das intervenções também se reduz, o que agiliza os prazos de entrega das instalações. Operações envolvendo o uso de mergulhadores são caras e arriscadas. Surge então a necessidade da utilização de processos automatizados que resultem, tanto em custos menores de operação, quanto em menor perigo para os mergulhadores.

2. OBJETIVOS

Os procedimentos experimentais foram definidos de forma a contemplar os seguintes aspectos:

- Avaliação de desempenho em campo, tanto do alimentador de arame como da fonte de soldagem;
- Definição das alterações necessárias para a melhoria do projeto;
- Análise do aspecto da solda obtida pela soldagem manual;
- Coleta de observações quanto a operacionalidade do processo fornecidas pelo soldador-mergulhador.

3. EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Uma fonte de soldagem multiprocesso;
- Alimentador especialmente construído para a soldagem subaquática;
- Microcomputador para aquisição dos dados de soldagem

Os ensaios foram realizados em um tanque de água doce para treinamento de soldadores do SENAI do Rio de Janeiro com 4 m de profundidade (figs. 1 e 2). Foi utilizado arame tubular oxidante auto-protégido de 1,6 mm. Os testes para avaliação da estabilidade do arco foram feitos em chapa de aço ABNT 1020 de 6 mm de espessura com soldagem na posição plana (fig. 3). Durante estes testes a fonte de soldagem foi ajustada, tanto para a soldagem com modulação em tensão, quanto em



corrente. Os parâmetros de soldagem utilizados foram os mesmos levantados em laboratório com pequenas alterações para adaptação à soldagem manual. Depois de definidos os parâmetros de soldagem foi soldado um corpo de prova para análise da operacionalidade em aço ABNT 1020 com 19 mm de espessura e junta em "V" 60° soldado também na posição plana.

4. RESULTADOS

4.1 Análise do Desempenho dos Equipamentos

Um dos problemas observados logo no início dos trabalhos foi o grande desconforto sentido pelo soldador-mergulhador na soldagem com arame tubular devido aos choques elétricos. Por isso, os ensaios foram interrompidos, fazendo-se uma análise comparativa com a soldagem com eletrodo revestido. Além da diferença de polaridade entre os dois processos (direta no eletrodo revestido e inversa no arame tubular), observou-se que o porta-eletrodo utilizado é normalmente isolado com fita isolante especial, o que limita a área de contato entre a água e as partes energizadas. No caso da tocha de soldagem foi providenciada apenas uma vedação com cola a base de silicone, permanecendo, entretanto, algumas partes metálicas em contato direto com a água. A solução encontrada para resolver momentaneamente o problema do choque foi refazer o isolamento da tocha, utilizando a mesma fita isolante. Com relação ao desempenho do alimentador de arame, não foram observados trancamentos do arame [4 e 7] até o final dos testes. O sistema de injeção de ar comprimido [8] mostrou-se eficiente em impedir a entrada de água pelo conduto do arame. Foi observada porém, a falta de um dispositivo de controle da vazão de ar comprimido, problema que será facilmente equacionado com a colocação de um regulador de pressão na linha.

4.2 Soldagem dos Corpos de Prova

Na soldagem com a fonte operando no modo de tensão, observaram-se efeitos muito semelhantes aos encontrados em laboratório. O soldador apontou uma certa dificuldade em manter o processo, sendo que para valores de tensão mais baixos fica praticamente impossível a soldagem, enquanto que para valores mais altos ocorre a ruptura do arame na altura do bico de contato. Tal ruptura deve-se provavelmente a brusca elevação da corrente durante os curto-circuitos (fig. 4) que leva a um aquecimento localizado do arame, resultando no seu rompimento. Para a soldagem com imposição de corrente foi utilizado o recurso do efeito anti-colagem, onde são ajustadas duas correntes, uma de soldagem e outra de curto circuito. No momento em que a tensão atinge um valor inferior a 5 V, indicando a iminência de um curto-circuito, o ajuste de corrente passa do valor de corrente de soldagem para o valor de corrente de curto-circuito. Como o valor da corrente de curto-circuito é bem superior ao da corrente de soldagem, o curto-circuito é desfeito. A soldagem com imposição de corrente com polaridade negativa no eletrodo reduziu a intensidade dos choques sentidos pelo soldador, porém os cordões de solda resultantes ficaram mais convexos e com profundas mordeduras. Este último efeito deve-se em grande parte a elevação observada na tensão média do arco que saltou de um valor em torno dos 31 V para 43 V. Na soldagem a seco a uma atmosfera este aumento da tensão está relacionado com a maior dificuldade de transferência do metal do eletrodo para a peça que normalmente também resulta em elevação do consumo de eletrodo. A



corrente média teve que ser elevada para manter o processo, passando de 120 A na soldagem com polaridade positiva (fig. 5) para 188 A na soldagem com polaridade negativa (fig. 6). Como conseqüência da associação do aumento da corrente média e a mudança de polaridade, ocorreu um aumento da velocidade de avanço do eletrodo, que passou de 1,9 m/min para 3,9 m/min. A soldagem manual com imposição de corrente e polaridade positiva foi a que mostrou melhores resultados com boa continuidade e aparência dos cordões. Na composição dos passes, o soldador-mergulhador observou que os cordões laterais mais próximos a borda da junta não se fundiam adequadamente, ficando muito convexos. A solução encontrada foi incidir o arco perpendicularmente a junta. Os passes centrais foram depositados com a tocha na posição vertical.

5. PROGRAMA PARA CONTROLE DA FONTE DE SOLDAGEM

Logo depois de terminados os ensaios de campo, foram iniciados testes em laboratório, utilizando arame rutilico e um programa para controle da fonte de soldagem. A observação oscilográfica do comportamento do arco revelou que a maioria das extinções do arco ocorre devido a um aumento crescente da impedância do sistema arco-eletrodo. Assim, para manter a corrente constante, a tensão sobe até o seu limite (tensão máx. na saída da fonte para aquela corrente), quando então ocorre a redução da corrente e extinção do arco. Tentando evitar o aumento da impedância, um algoritmo define o valor da corrente que melhor se adapta a cada situação em que o arco se encontra. Quando a tensão do arco atinge o limite de tensão (configurável no programa) a corrente é gradativamente reduzida até que a tensão retorne aos valores normais (fig. 7). À medida que a tensão do arco diminui, a corrente é aumentada, voltando ao valor de corrente de arco. Na ocorrência de um curto circuito, o algoritmo simula o comportamento do efeito anti-colagem. Tal controle tem por objetivo diminuir o número de extinções do arco, melhorando assim a estabilidade do processo. Observou-se uma redução na ocorrência de extinções, que deve ser comprovado com a realização de um número maior de ensaios. Mesmo com a utilização do programa, várias extinções não puderam ser evitadas. A principio elas foram atribuídas a falta de tensão em vazio da fonte. Foram então acopladas duas fontes em série de forma a obter uma tensão em vazio de 130 V. Novos ensaios mostraram que a maior disponibilidade de tensão não reduziu significativamente os períodos de extinção do arco (fig. 8), porém favoreceu em muito a reabertura do mesmo. A utilização de uma fonte com tensão em vazio tão elevada praticamente inviabiliza a soldagem manual, mas para a soldagem automatizada, a maior facilidade de abertura do arco pode representar uma vantagem importante.

6. CONCLUSÕES

Os ensaios de campo mostraram que será necessário o reprojeto e construção de uma tocha de soldagem específica para esta aplicação, mais simplificada e leve. A utilização de um controle adaptativo da corrente para melhorar a estabilidade do arco reduziu a ocorrência de extinções. Os ensaios com este tipo de controle devem continuar com um enfoque no controle da transferência metálica e na manutenção do arco. Fontes de soldagem com tensão em vazio superior a 110 V devem continuar sendo utilizadas, tanto para a soldagem molhada com arame tubular automatizada, quanto para a soldagem hiperbárica a seco, onde com o aumento da pressão as condições para abertura e manutenção do arco são prejudicadas.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - PATON, B., Welding in Space and in the Ocean - Technological Problems of 21th Century. Schweissen & Schneiden; DVS; n. 9, p. 624-634; 1997.
- [2] - POPE, A.M., TEIXEIRA, J.C.G., PAES, M.T.P., SANTOS, V.R. Soldagem Submarina Molhada: Desenvolvimentos Recentes e Perspectivas de Aplicações em Reparos Submarinos. Anais do XXII Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, ABS, Blumenau - SC; v. 2; p. 707-716, 1996.
- [3] - DRAUGELATES, U., BOUAIFI, B., BARTZSCH, J. Gas-Shielded Arc Welding for Underwater Fabrication. Schweissen & Schneiden, DVS, n. 12, p. 180-182, 1997.
- [4].- ANDRADE, L.P.C.S. Soldagem Subaquática Molhada com Eletrodo Tubular. Florianópolis - SC. 124 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- [5].- ANDRADE, L.P.C.S., DUTRA, J.C., SANTOS, V.R., TEIXEIRA, J.C. Alternativas para Melhorar a Estabilidade do Arco na Soldagem Subaquática Molhada com Eletrodo Tubular. Anais do XIX Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, ABS, Águas de São Pedro - SP, v 2, p. 493-508, 1993.
- [6] - POKHONYA, I., GORPENYUK, V., KONONENKO, V., PONOMAREV, V., MAKSIMOV, S. Some Peculiarities of Arc Burning and Metal Transfer in Wet Underwater Self-shielding Fluxcored Wire Welding. IIW Conference - Welding Under Extreme Conditions, p. 151-160, 1989.
- [7].- ANDRADE, L.P.C.S, DUTRA, J.C., TEIXEIRA, J.C., SANTOS, V.R. Aspectos Operacionais e Metalúrgicos da Soldagem Subaquática Molhada com Eletrodo Tubular. Anais do XX Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, ABS, Contagem – MG, p. 483-498, 1994.
- [8].- TEICHMANN, E.W., BAIXO, C.E.I., DUTRA, J.C., SANTOS, R.S., TEIXEIRA, J.C.G. Desenvolvimento de Equipamentos para Incrementar a Soldagem Subaquática Molhada com Arame Tubular. Anais do XXII Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, ABS, Blumenau – SC, v. 2, p. 717-727, 1996.



Fig. 1: Vista frontal do tanque de mergulho.

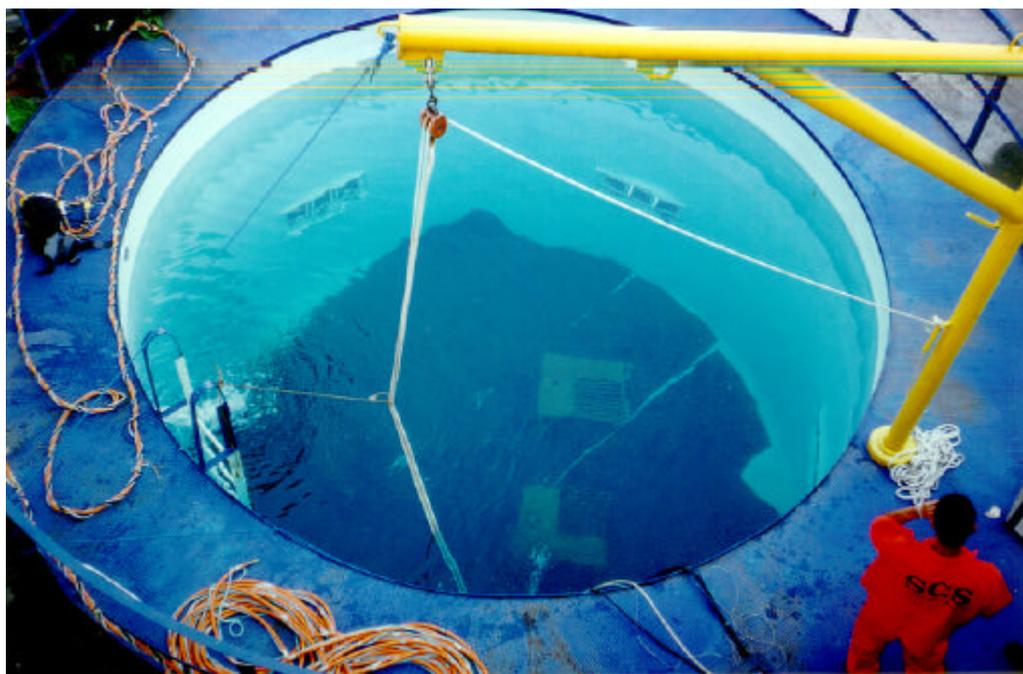


Fig. 2: Vista superior do tanque de mergulho.

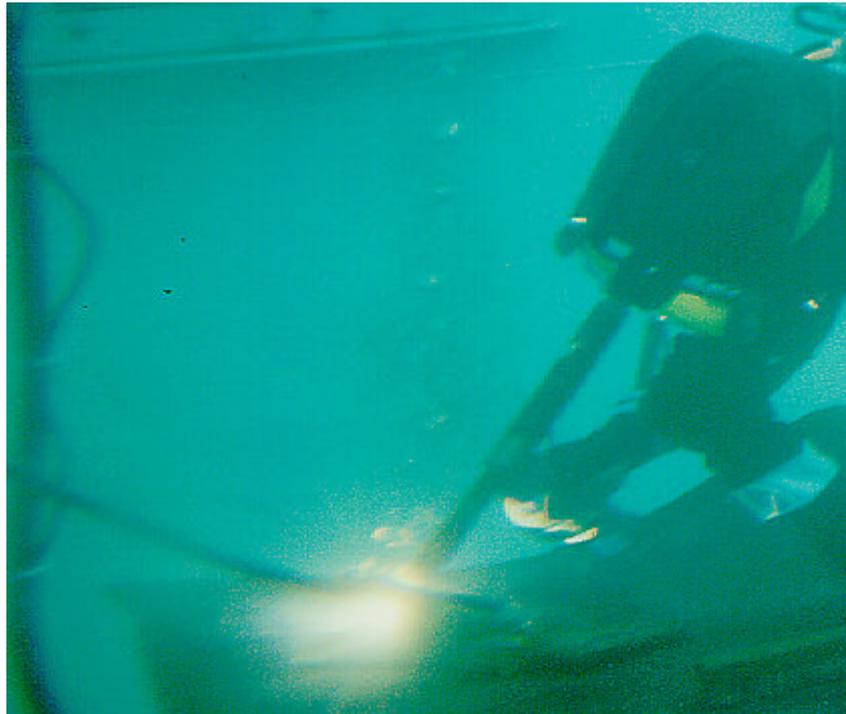


Fig. 3: Soldagem manual na posição plana.

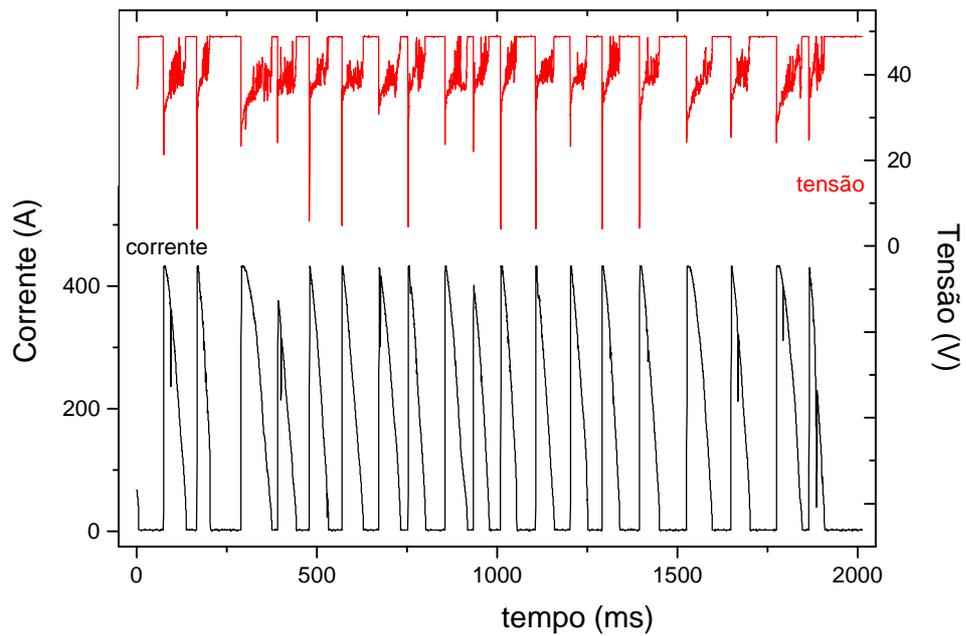


Fig. 4: Picos de corrente observados na soldagem no modo de tensão.

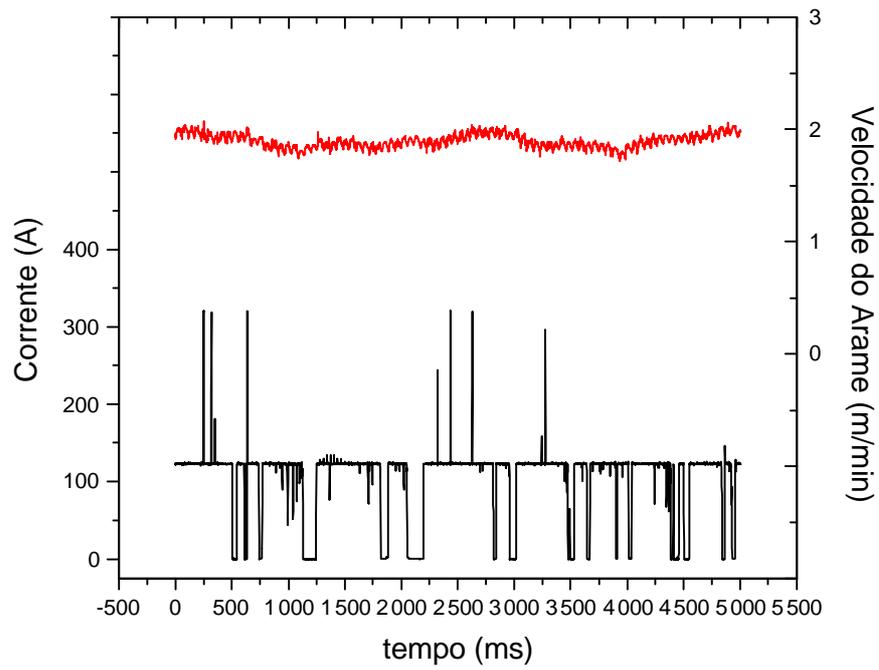


Fig. 5: Soldagem com imposição de corrente e polaridade positiva.

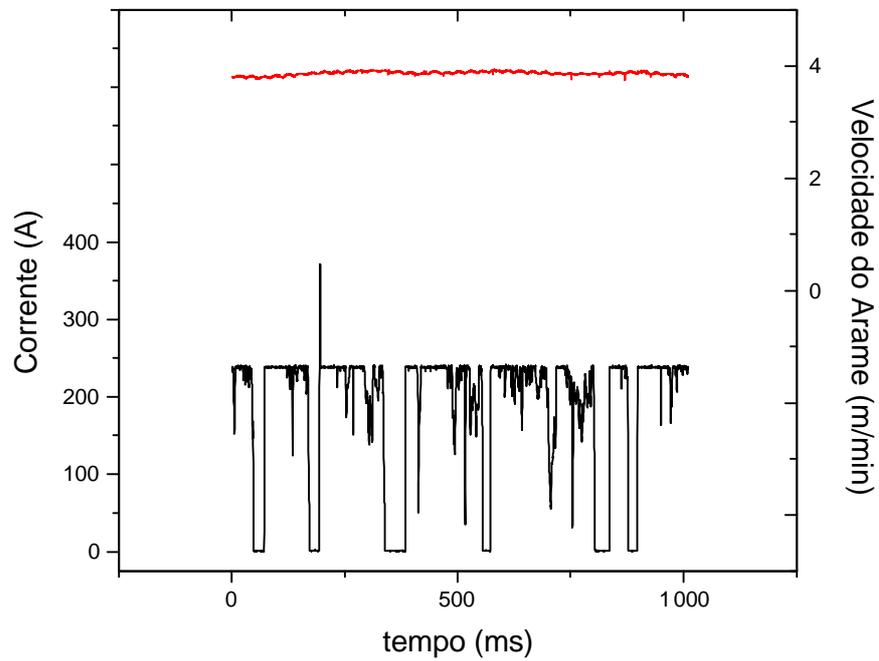


Fig. 6: Soldagem com imposição de corrente e polaridade negativa.

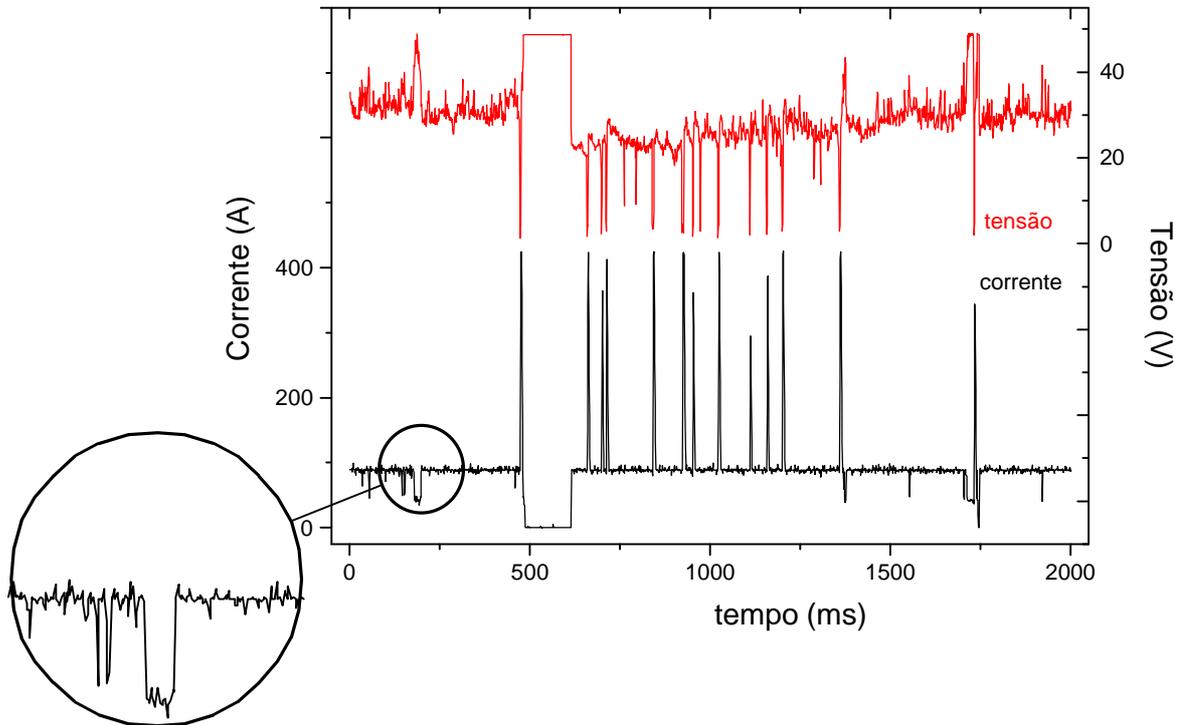


Fig. 7: Soldagem com controle adaptativo da corrente, no detalhe pode-se observar a redução da corrente com a elevação da tensão.

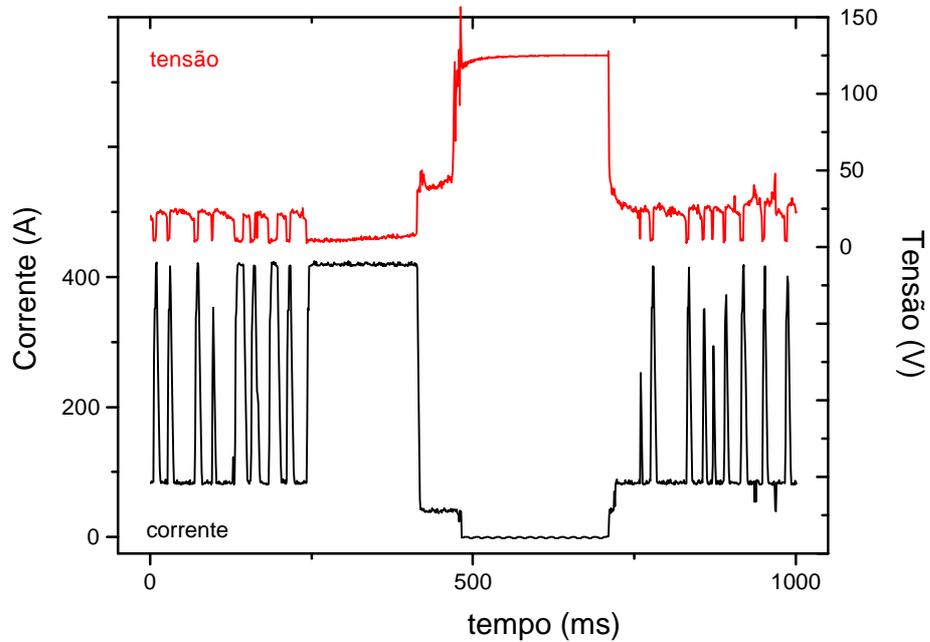


Fig. 8: Soldagem com fonte com tensão em vazio de 130 V.