



Desenvolvimento de Sistema Robótico Integrado para Automatização da Soldagem na Indústria Naval

Relatório Técnico Parcial 1

M. Eng. Renon Steinbach Carvalho

Florianópolis, janeiro de 2010

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é relativo à primeira etapa do projeto intitulado “Desenvolvimento de Sistema Robótico Integrado para Automatização da Soldagem na Indústria Naval”, aprovado pelo FINEP no âmbito do CT-Aquaviário. O referido projeto conta com a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU) como entidade proponente, o Laboratório de Soldagem (LABSOLDA) como entidade executora e a SPS – Soluções para a Soldagem como entidade interveniente.

Este relatório apresenta desenvolvimentos relacionados o projeto de um sistema robótico com dois graus de liberdade e com a possibilidade de operar em superfícies de forma livre. Deste modo, com o referido equipamento será factível a soldagem de cascos de navio de forma automática. Tal fato tende a elevar consideravelmente a repetitividade desta operação, bem como a confiabilidade das soldas realizadas na indústria naval.

Adicionalmente, são expostos resultados iniciais de soldas executadas nas posições sobre-cabeça e vertical. Nestes ensaios foi um sistema de deslocamento já existente no LABSOLDA, com o qual não é factível a soldagem em superfícies de forma livre. O objetivo, destes testes preliminares, é simular ao máximo as situações encontradas na realidade e elaborar procedimentos de soldagem que posteriormente serão aplicados em campo

2. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ROBÓTICO

O sistema robótico em questão consiste em um dispositivo mecânico de deslocamento apto a se movimentar sobre um trilho flexível, que pode ser fixado nas superfícies das peças a serem reparadas, sendo estas superfícies côncavas ou convexas. Este dispositivo mecânico possui um braço transversal que possibilita a realização do movimento oscilatório de tecimento, o qual tem por finalidade viabilizar a execução de cordões de solda mais largos. Isto torna factível a união de peças com chanfros que possuem grandes aberturas.

Com este equipamento pode-se mover a pistola de soldagem rente a superfície curva de um casco de navio sem variar a distância entre a ponta da pistola e a peça. Logo, pode-se verificar a aplicabilidade deste equipamento em operações de reparo por deposição de solda, e de soldagem de união das chapas empregados na construção naval.

A estratégia adotada para o desenvolvimento do projeto consiste em dividir o desenvolvimento em três grupos de atividades que são, projeto dos componentes mecânicos, projeto dos sistemas eletrônicos e elaboração do software de controle do equipamento.

2.1 Projeto Mecânico

Dentro desta seção será mostrado um pouco sobre a parte mecânica do sistema robótico, seu layout e seu princípio de funcionamento. Todo o projeto do equipamento foi desenvolvido em ambiente CAD, e, naturalmente, alguns de seus componentes e peças foram dimensionados usando os conhecimentos de elementos de máquinas, fadiga e resistência dos materiais. Houve a necessidade de se especificar os rolamentos, motores e guias lineares.

Para organizar o projeto mecânico do novo equipamento, decidiu-se dividi-lo em 3 sistemas: o de fixação do carro no trilho flexível, o de movimentação do carro e o de movimentação do braço transversal. Os sistemas de movimentação do carro e do braço transversal estão alojados dentro do manipulador, e o sistema de fixação se situa debaixo do equipamento. A estrutura do equipamento é basicamente como uma caixa com paredes finas de aço e a sua base é feita com uma chapa mais espessa para garantir robustez do equipamento. A Figura 1 mostra uma imagem do projeto do equipamento gerada em ambiente CAD, a esquerda o equipamento fechado e a direita sem as paredes laterais mostrando os componentes internos.

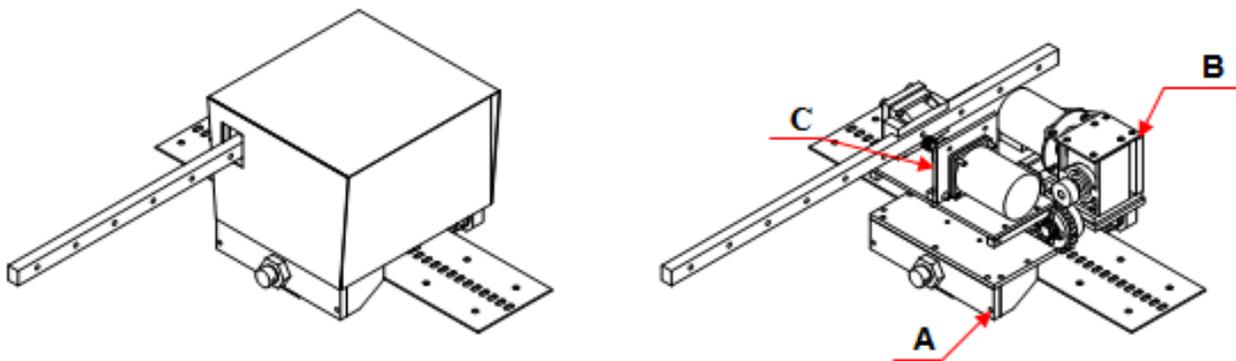


Figura 1. Desenhos do carro aberto e fechado. Na parte aberta mostra-se:
A) Sistema de Fixação, B) Sistema de Movimentação, C) Sistema de Movimentação do Braço Transversal

2.1.1 Sistema de Fixação

O sistema de fixação do carro além de manter o equipamento fixo ao trilho tem a função de garantir o deslocamento do mesmo. A fixação e o deslocamento são possíveis graças às quatro rodas do sistema robótico, sendo que cada uma possui uma ranhura por onde passa a extremidade do trilho, como mostrado na figura 2. Para realizar a fixação do carro no trilho foi adotada a concepção de projeto em que duas rodas de um lado permanecem fixas e as outras duas rodas da outra lateral se movem perpendicularmente ao trilho por intermédio de um sistema parafuso-rosca.

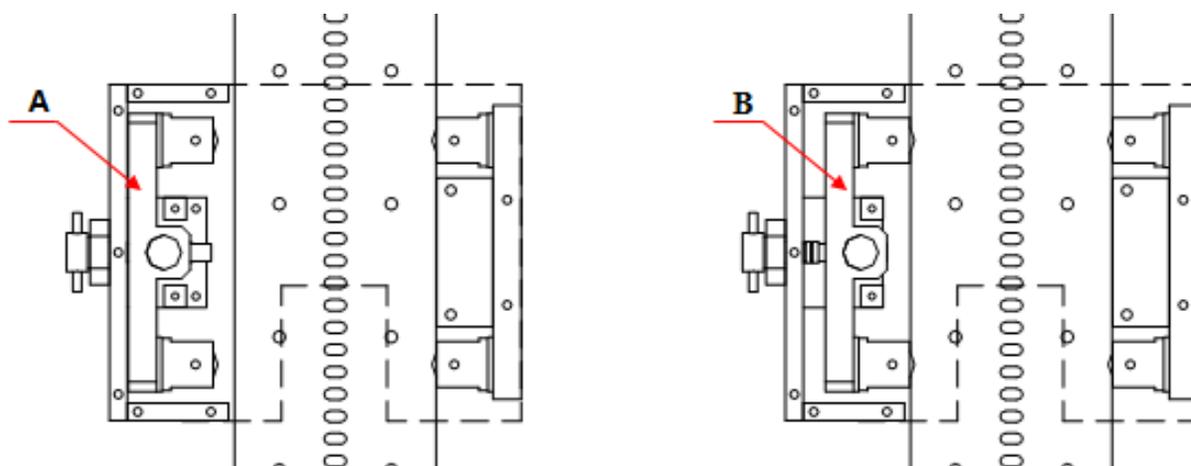


Figura 2. Representação de como funciona a fixação do carro no trilho flexível.
A) Conjunto com as rodas móveis na posição inicial. B) Conjunto com as rodas móveis na posição final

2.1.2 Sistema de Movimentação do Carro

O sistema de movimentação do equipamento possui um motor, um redutor e mais um conjunto de peças como engrenagens, eixos e bases para fixação. A movimentação do carro sobre o trilho é possibilitada por uma engrenagem com dentes arredondados que passam pelos furos alinhados com o centro do trilho flexível, figura 3. Esta engrenagem ao entrar em rotação possibilita a translação do carro sobre o trilho, movendo a tocha de soldagem na velocidade programada sobre a peça a ser soldada. O sistema de engrenagens será tracionado por um motor de passo controlado por um sistema micro-processado.

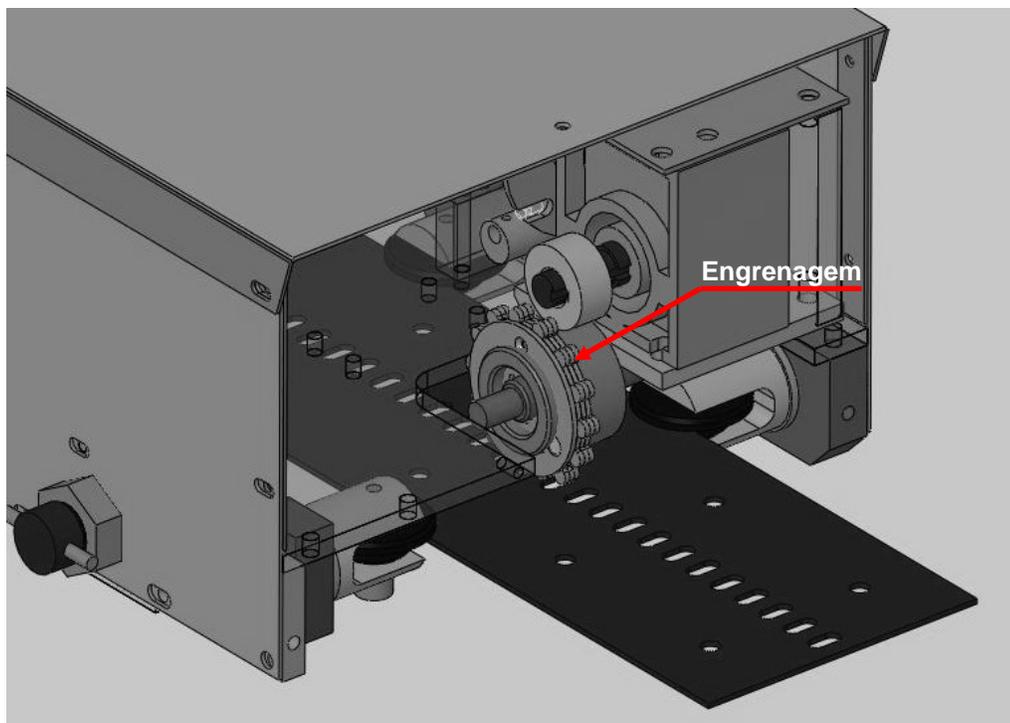


Figura 3. Detalhe mostrando a engrenagem motriz

2.1.3 Sistema de Movimentação do Braço Transversal

Este sistema deve garantir o deslocamento preciso do braço no sentido transversal ao trilho de modo a minimizar ao máximo as folgas, pois uma propagação de erros pode acarretar em imprecisões intoleráveis para o processo. Portanto uma guia linear foi seleccionada para atuar como mancal de deslizamento para o braço. O desenho em detalhes deste sistema pode ser visto na figura 4.

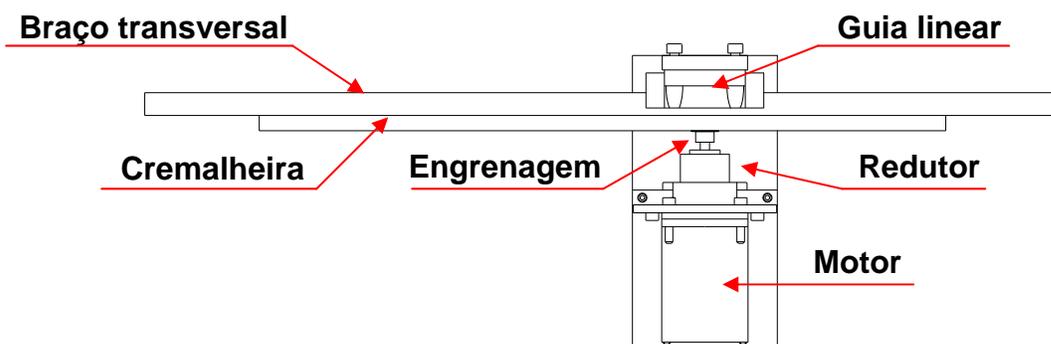


Figura 4. Sistema de movimentação do braço transversal

2.2 O Sistema de Controle

A repetitividade de processos é um ponto crucial no que se refere a sistemas de movimentação. A partir desta característica, é que iniciou-se o projeto de controle do sistema robótico, o qual será composto de dois motores de passo controlados digitalmente. Com esta característica, espera-se que o equipamento aqui desenvolvido esteja à frente dos outros equipamentos disponíveis no mercado, pois a repetitividade de processos reverte-se em qualidade do ponto de vista da produção na indústria. O sistema de controle pode ser dividido em três estágios:

Interface com o usuário: este bloco possui a função de propiciar a comunicação entre o usuário e o sistema robótico. O usuário pode comandar o dispositivo por intermédio de um teclado e um joystick. O teclado possui ainda um display de cristal líquido para apresentar ao usuário informações necessárias e valores quantificados das variáveis. O usuário possui o controle numérico sobre as variáveis através de teclas de seleção, de incremento e decremento. Este bloco se comunica bidirecionalmente com a CPU por meio de comunicação serial.

Unidade de controle: função de controle e comando do equipamento. É composto de uma CPU industrial padrão PC104, contendo o software de controle, duas placas contendo os acionadores dos motores de passo e uma placa de isolamento e interface entre a CPU e os acionadores.

Atuadores: são os próprios motores de passo, que recebem os sinais de tensão e corrente dos acionadores, e são responsáveis pela geração do movimento mecânico do sistema.

2.3 Detalhamento das Funções do Sistema Robótico

2.3.1 Posicionamento Manual e Automático

O equipamento possui um joystick com finalidade de proporcionar ao usuário possibilidade de movimentar o dispositivo manualmente. Para um melhor entendimento deste trabalho, foi convencionado eixo “x” como sendo o eixo na direção do trilho e eixo “y” o eixo na direção transversal ao trilho.

Dado um ponto de origem (0;0), determinado pelo usuário, é possível determinar um ponto ao qual se deseja posicionar a pistola de soldagem. Este procedimento é chamado de posicionamento automático, ou seja, sem a intervenção do joystick. Dentro de alguns dos menus existe ainda o atalho “VOLTA ORIGEM” que faz o retorno para a posição (0;0). A posição (0;0) deve ser utilizada pelo usuário com a finalidade de ser o ponto de início do procedimento de soldagem.

Usualmente, utiliza-se o posicionamento manual (joystick) para a determinação da posição de origem e utiliza-se o posicionamento automático para retornar à origem ao término do procedimento de solda.

2.3.2 Soldagem com Tecimento

O tecimento é um movimento oscilatório realizado perpendicularmente à direção de deslocamento, ou seja, o eixo y executa movimentos pendulares e o eixo x se movimenta em um único sentido, com ou sem paradas. O tecimento é utilizado para a soldagem de juntas. O tecimento pode também ser utilizado para proporcionar o recobrimento de superfícies. As variáveis de interesse na execução do tecimento e suas unidades usuais são:

Velocidade de soldagem (cm/min): é a velocidade de translação do dispositivo, ou seja, a velocidade correspondente à do eixo x;

Amplitude (mm): é a distância entre o pico superior e o pico inferior (amplitude de pico a pico);

Freqüência (Hz): é a freqüência ou o tempo relativo a cada ciclo do pendulamento;

Tempo de parada (s): é o tempo a qual o dispositivo permanece em cada pico. Este tempo normalmente é utilizado em frações de segundo, salvo nos casos onde se utilizam freqüências muito baixas (menores que 0,5 Hz);

Sentidos de partida: permitem ao usuário a escolha dos sentidos de partida do dispositivo, ou seja, no sentido positivo ou negativo do eixo x e no sentido positivo ou negativo de y. A escolha do sentido no eixo y reflete apenas no aspecto físico do resultado da solda (aspecto de trançamento ocasionado pelo tecimento).

O sistema robótico disponibiliza três tipos de tecimento, figura 5:

Tecimento Triangular: Este tecimento é caracterizado pelas variáveis: velocidade de soldagem, amplitude, freqüência e tempos de parada. O dispositivo se move com velocidade constante no eixo x enquanto o eixo y pendula;

Tecimento Trapezoidal: Este tecimento é caracterizado pelas variáveis: velocidade de soldagem, amplitude, freqüência ou período de oscilação e tempo de parada. Neste caso o dispositivo também se desloca com velocidade constante no eixo x, enquanto o eixo y executa movimentos pendulares, porém o eixo y permanece parado nos picos durante o tempo determinado pela variável tempo de parada;

Tecimento Retangular: Este tecimento é caracterizado pelas variáveis: velocidade de soldagem, amplitude e freqüência. Neste tipo de tecimento a parada do eixo x em certos instantes do período é necessária para que seja mantida a ortogonalidade no formato final. No tecimento retangular, o eixo x fica parado enquanto o eixo y se movimenta e vice versa: os dois eixos não se movimentam ao mesmo tempo.



Figura 5. Tipos de tecimento do sistema robótico

3. ENSAIOS DE SOLDAGEM PRELIMINARES

Este tópico apresentará os procedimentos e os resultados iniciais alcançados nos experimentos de soldagem de união de chapas em posições similares às encontradas na indústria naval.

3.1 Aparato Experimental

Este item tem como objetivo apresentar uma visão geral dos equipamentos utilizados na realização dos testes para o levantamento de parâmetros de soldagem fora de posição e ainda descrever a metodologia experimental utilizada durante o desenvolvimento deste trabalho. A figura 6 mostra a bancada de ensaios.



Figura 6. Bancada de ensaios experimentais

3.1.1 Fonte de soldagem

A fonte de soldagem utilizada nos experimentos foi a MTE Digitec 600, figura 7, fabricada pela empresa IMC Soldagem. É uma fonte que pode trabalhar com os processos MIG/MAG, TIG e Eletrodo Revestido. No caso específico desta fonte, o processo MIG/MAG pode ser utilizado tanto no modo tensão (ajustando a tensão) ou no modo corrente (ajustando a

corrente). Possui também interface para o ajuste de todos os parâmetros de soldagem relacionados ao processo de soldagem a ser utilizado.



Figura 7. Fonte de soldagem MTE Digitec 600

3.1.2 Sistema de deslocamento de tocha

É o sistema que permite o deslocamento automático da tocha de soldagem, além do ajuste de variáveis como velocidade de soldagem e tipo de tecimento. O sistema de deslocamento utilizado foi o Tartilope V2, fabricado pela SPS Soldagem, que possibilita movimentação em dois graus de liberdade, figura 8. Contudo, este sistema de deslocamento não permite que o manipulador efetue trajetórias sobre superfícies de forma livre. Este fato torna inviável a sua aplicação no âmbito da indústria naval. Assim, o mesmo é útil neste momento inicial para o levantamento de procedimentos de soldagem em laboratório.

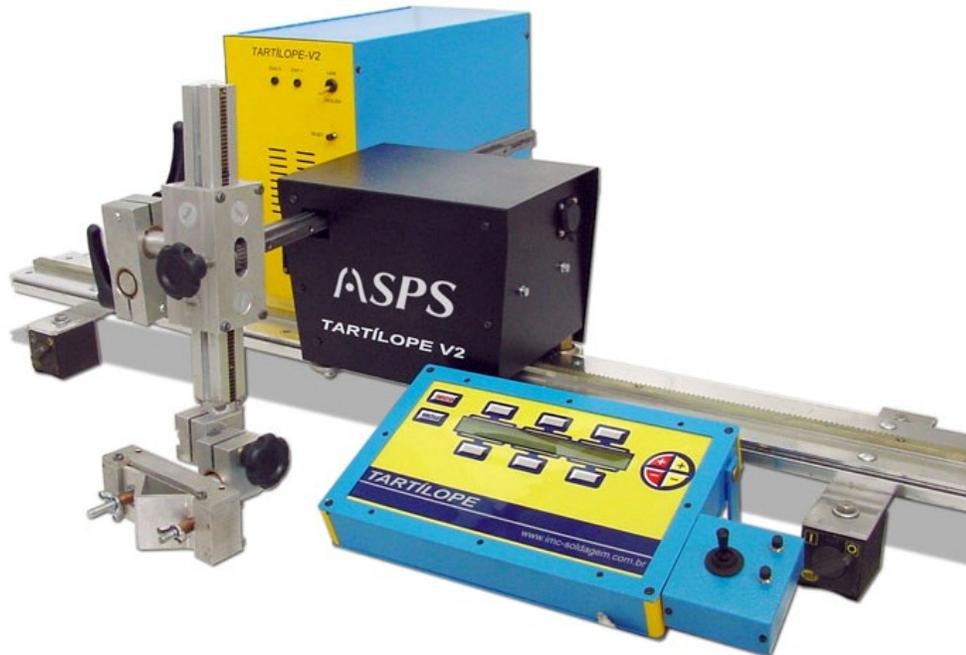


Figura 8. Sistema de deslocamento de tocha

3.1.3 Corpos de Prova

Para a produção dos corpos de prova foram utilizadas chapas de aço comum ao carbono (SAE 1020) com as seguintes dimensões: 200 x 75 x 16 mm. Posteriormente, estas chapas foram cortadas com processo oxicorte e lixadas de modo a se ter uma junta em “V” com as dimensões indicadas na figura 9.

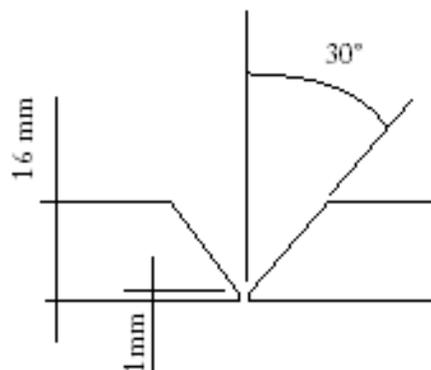


Figura 9. Dimensões da junta “V” dos corpos de prova

3.1.4 Arames

Foram empregados dois tipos de arame: maciço (ER 70S-6) e tubular (E71T-1) sendo que ambos possuem diâmetro de 1,2 mm. Dadas as diferenças, foram levantados parâmetros específicos para a soldagem fora de posição para cada tipo de arame.

3.1.5 Gás de Proteção

O gás de proteção empregado durante as soldagens foi a mistura 75% Argônio e 25% de Dióxido de Carbono.

3.2 Procedimentos Experimentais

Inicialmente, foram realizadas soldas de forma manual nas posições plana, vertical e sobre-cabeça, para que se tivesse um ajuste preliminar dos principais parâmetros de soldagem (tensão de soldagem, velocidade de alimentação do arame, velocidade de soldagem e vazão de gás de proteção) para cada arame utilizado. Durante estes testes procurou-se ainda se observar detalhes práticos relacionados especificamente com a soldagem (movimentos realizados pelo soldador e ângulo de ataque da tocha são alguns exemplos) para que, mais tarde, se tentasse reproduzi-los com o sistema de deslocamento automático de tocha.

Após os testes manuais preliminares foram iniciados os testes com soldagem automatizada nas posições vertical e sobre-cabeça. Não foram realizados ensaios com soldagem automatizada na posição plana devido ao fato de ser uma situação trivial se comparada com as outras posições que foram estudadas. Estes ensaios tiveram como ponto de partida todos os parâmetros levantados durante os testes preliminares. Como foram realizados ensaios em posições variadas, uma mesa giratória especial capaz de colocar tanto o corpo de prova quanto o sistema de deslocamento de tocha nas posições desejadas foi desenvolvida.

Com o processo manual finalizado, iniciou-se a soldagem com o sistema de deslocamento de tocha na posição vertical ascendente e sobre-cabeça utilizando os dois tipos de arame. A principal preocupação foi obter cordões de solda uniformes, de bom

aspecto superficial, isentos de falhas (mordeduras, falta de penetração, trincas e porosidades) e sem que ocorresse o escorrimento do metal de adição líquido durante a soldagem. Para tanto, foi analisada a melhor forma de realizar cada passe de solda no preenchimento da junta por intermédio da definição das condições e parâmetros de soldagem ideais para cada situação. Estas condições e parâmetros de soldagem são listados na tabela 1.

Para a avaliação da qualidade dos cordões de solda foram realizados, além da inspeção visual, ensaios não destrutivos como líquido penetrante (que evidencia defeitos superficiais) e raio-x (que detecta defeitos no interior do cordão de solda). E depois de realizados os ensaios mencionados, os corpos de prova foram seccionados na metade de seu comprimento para a realização de macrografias. As macrografias foram realizadas para detectar defeitos como falta de fusão nas laterais do cordão de solda.

Tabela 1. Condições e parâmetros de soldagem

Parâmetros relacionados diretamente com o processo:	Parâmetros relacionados diretamente com o sistema de deslocamento da tocha:
<ul style="list-style-type: none"> • Tensão de soldagem; • Velocidade de alimentação de arame; • Vazão de gás; • Distância Bico de contato-peça; • Ângulo de ataque da tocha. 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de soldagem; • Tipo de tecimento (linear, trapezoidal ou triangular); • Frequência de tecimento; • Amplitude de tecimento.

3.3 Resultados

3.3.1 Soldagem na Posição Vertical Ascendente

Os parâmetros obtidos para soldagem na posição vertical ascendente para arame maciço (ER70S-6) são apresentados na tabela 2, enquanto que para arame tubular (E71T-1) são apresentados na tabela 3. O ângulo de ataque da tocha de soldagem ficou em aproximadamente 15° , empurrando. À distância bico de contato-peça foi de aproximadamente 12 mm para arame maciço. Para o arame tubular a distância bico de contato-peça dever ser de no mínimo 17 mm por motivos que serão explicados a seguir.

Tabela 2. Parâmetros para soldagem vertical com arame maciço

PASSES	Unidade	1	2	3	4	5
Arame				ER70S-6		
Diâmetro	mm			1,2		
Tensão	V			17,5		
Vazão de gás	L/min			10 a 12		
Velocidade de arame	m/min			3,5		
Ks				15		
Kd				20		
Velocidade de soldagem	cm/min	-	12	12	8	7
Amplitude	mm	-	4,5	8	12	17
Frequência	Hz	-	0,8	0,6	0,4	0,4
Tempo de parada	s	-	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,4 / 0,4	0,4 / 0,4

Tabela 3. Parâmetros para soldagem vertical com arame tubular

PASSES	Unidade	1	2	3	4	5
Arame				E71T-1		
Diâmetro	mm			1,2		
Tensão	V			21		
Vazão de gás	L/min			10 a 12		
Velocidade de arame	m/min			7		
Ks				20		
Kd				20		
Velocidade de soldagem	cm/min	-	15	15	12	12
Amplitude	mm	-	4,5	8	12	16
Frequência	Hz	-	0,8	0,6	0,5	0,6
Tempo de parada	s	-	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,1 / 0,1

Com estes parâmetros foi possível obter os cordões de solda mostrados na Figura 10. Nesta figura em (A) tem-se o aspecto superficial de um cordão de solda gerado com arame tubular enquanto em (B) e em (C) tem-se o resultado do ensaio de líquido penetrante e raios-X, respectivamente. Estes não evidenciaram quaisquer falhas ao longo do cordão, tanto superficial quanto internamente. A linha evidenciada no meio do cordão solda é devido a não realização do passe de raiz, pois não é o objetivo deste trabalho levantar parâmetros para a soldagem da raiz. Ainda na figura 10, é apresentado o aspecto visual de um cordão de solda obtido com arame maciço em (D). Em (E) e (F) são apresentados os resultados para o ensaio de líquido penetrante e raio-X, respectivamente. Da mesma forma, nenhuma falha foi evidenciada.

Comparando os dois cordões obtidos, o aspecto visual do cordão gerado com arame maciço foi considerado melhor. Em outros aspectos, o processo MIG/MAG utilizando-se arame maciço pode ser considerado de operação mais simples quando comparado com o arame tubular. Soldando com arame tubular, alguns cuidados (não necessários com o arame maciço) devem ser tomados. Por exemplo, deve-se tomar um cuidado maior com a distância bico de contato-peça a fim de evitar presença de porosidades, quando fora de utilização, o arame tubular deve ser mantido acondicionado em lugar seco e fechado para evitar o acúmulo de umidade no fluxo interno e após a soldagem a escória deve ser removida apropriadamente para evitar que estas fiquem aprisionadas entre um passe e o subsequente. Contudo, as velocidades de soldagem obtidas com arame tubular foram maiores em comparação com arame maciço.

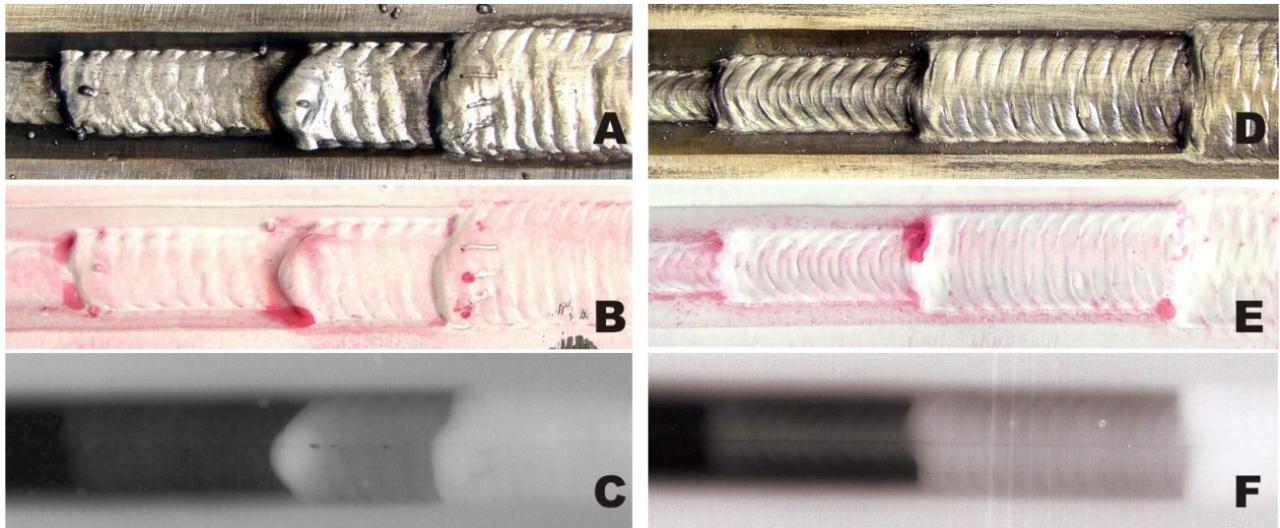


Figura 10. Cordões de solda realizados na posição vertical ascendente

Nas macrografias da figura 11 não se constatou falhas de fusão nas laterais da secção transversal dos cordões seja para arame tubular em (A), quanto para arame maciço em (B).

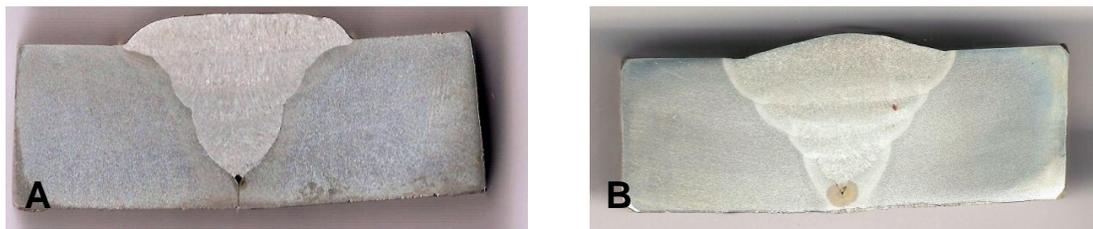


Figura 11. Macrografias dos cordões de solda realizados com arame tubular (A) e maciço (B)

3.3.2 Soldagem na Posição Sobre-Cabeça

Os parâmetros obtidos para soldagem na posição sobre-cabeça para arame maciço (ER70S-6) são apresentados na tabela 4. Enquanto que para arame tubular (E71T-1) são apresentados na tabela 5. O ângulo de ataque da tocha de soldagem ficou em torno de 15° , empurrando. A distância bico de contato-peça foi de aproximadamente 12 mm para arame maciço e 17 mm para soldagem com arame tubular.

Tabela 4. Parâmetros para soldagem sobre-cabeça com arame maciço.

PASSES	Unidade	1	2	3	4	5
Arame				ER70S-6		
Diâmetro	mm			1,2		
Tensão	V			17,5		
Vazão de gás	l/min			10 a 12		
Velocidade de arame	m/min			3,5		
Ks				15		
Kd				20		
Velocidade de soldagem	cm/min	-	12	12	8	7
Amplitude	mm	-	4,5	8	12	17
Frequência	Hz	-	0,8	0,6	0,4	0,4
Tempo de parada	s	-	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,4 / 0,4	0,4 / 0,4

Tabela 5. Parâmetros para soldagem sobre-cabeça com arame tubular.

PASSES	Unidade	1	2	3	4	5
Arame				E71T-1		
Diâmetro	mm			1,2		
Tensão	V			21		
Vazão de gás	l/min			10 a 12		
Velocidade de arame	m/min			7		
Ks				20		
Kd				20		
Velocidade de soldagem	cm/min	-	15	15	13	12
Amplitude	mm	-	5	8	12	16
Frequência	Hz	-	0,8	0,6	0,6	0,7
Tempo de parada	s	-	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3	0,1 / 0,1

Na figura 12 é mostrado um cordão realizado na posição sobrecabeça com arame maciço. O resultado não é muito diferente daquele obtido no ensaio realizado na posição vertical, posto que os parâmetros utilizados foram os mesmos. A figura 13 apresenta a macrografia da solda da figura 12 e não evidencia falta de fusão nas laterais da secção transversal do cordão. A figura 14 mostra uma junta que foi completamente preenchida com resultados igualmente bons.

As figuras 15 e 16 mostram o ensaio de líquido penetrante realizado no cordão de solda da figura 12 e o raio-X do cordão de solda da Figura 14 respectivamente. Nenhum deles evidenciou falhas superficiais.



Figura 12. Cordão de solda realizado na posição sobre-cabeça com arame maciço



Figura 13. Macrografia do cordão de solda



Figura 14. Cordão de solda realizado na posição sobre-cabeça com arame maciço

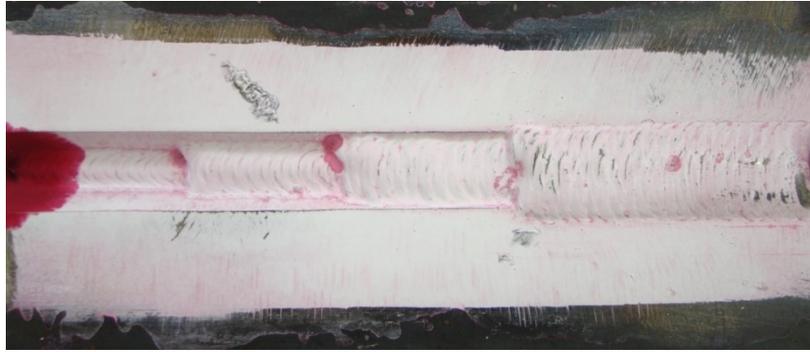


Figura 15. Ensaio de líquido penetrante realizado no cordão da figura 12

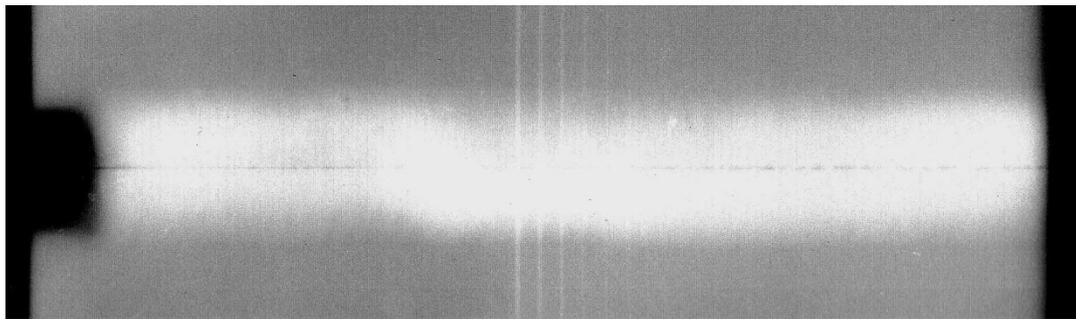


Figura 16. Raio-X do cordão de solda da figura 14

O cordão de solda da figura 17 foi realizado com arame tubular, na posição sobre-cabeça, utilizando parâmetros de soldagem idênticos àqueles utilizados para posição vertical. Contudo, a aparência superficial não é tão boa quanto dos cordões realizados na posição vertical. Talvez devido à ação mais evidenciada da gravidade o que pode ter gerado uma poça de fusão menos estável a ponto de prejudicar a aparência do cordão. O cordão também apresentou mordeduras nas laterais, especialmente no último passe. Como o resultado não foi considerado satisfatório, este corpo de prova não foi submetido a nenhum teste adicional.

Como solução para os problemas descritos no parágrafo anterior, vem-se tentando utilizar um ângulo de tocha diferente, realizando a solda puxando ao invés de empurrando, além do emprego de parâmetros diferentes (tensão de soldagem, velocidade de alimentação de arame, corrente de soldagem etc.). Entretanto, ainda não há um resultado definitivo com relação a estes testes mais recentes.



Figura 17. Cordão de solda posição sobre-cabeça

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o presente momento, embora sejam preliminares, são satisfatórios. No contexto do sistema robótico, o projeto mecânico do primeiro protótipo do equipamento está adiantado, bem como a parte eletrônica e de controle.

Já no âmbito dos procedimentos de soldagem, embora se tenha resultados factíveis de serem aplicados na indústria, considera-se que os mesmos ainda podem ser otimizados. Desta forma, espera-se alcançar maior produtividade e conseqüentemente reduzir o tempo total gasto na construção de navios.

Adicionalmente, cabe salientar que esta etapa do projeto servirá como base para futuras pesquisas no que tange à tecnologia da soldagem, seja na parte de desenvolvimento de novos processos ou em novos métodos para a automação da soldagem.

Além das diversas tecnologias em desenvolvimento, este projeto gera também o aperfeiçoamento de recursos humanos, dado que envolvem bolsistas e engenheiros das áreas de mecânica, elétrica e automação industrial.

É necessário também citar as dificuldades administrativas, principalmente quanto à precária dinâmica que rege os processos de importação de equipamentos e materiais necessários ao projeto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DUTRA, J. C. Procedimento Computadorizado de Determinação, Seleção e Controle de Variáveis na Soldagem MIG/MAG. Tese de Doutorado, Florianópolis – UFSC, Agosto de 1989.

- [2] MALIN, V. Definitions and Classification of Welding Automation and Process Control. Doc n. XII-1064-88, 1988.
- [3] COSTA, A. R. Estudo do Comportamento da Corrente de Soldagem, no Processo Mig/Mag, e sua Aplicação em Sistemas de Seguimento de Junta, Dissertação de Mestrado, Florianópolis – UFSC, 2003.
- [4] DUTRA, J. C., ROSA, V. M. “O Arco Elétrico como Sensor de Procura de Junta”, Anais do XXI Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, Caxias do Sul, Junho de 1995.
- [5] BALDUINO, J. Desenvolvimento de um Protótipo de uma Mesa X-Y para Corte e Solda, Aplicando Técnicas da Qualidade Total. Dissertação de Mestrado, Uberlândia – UFU – 2001.
- [6] GOHR JR, R. Novos métodos de controle da soldagem MIG/MAG. 2002. 138 f. Tese (doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [7] SHIGLEY, J. E. Elementos de Máquinas 1, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 1984.
- [8] Dutra, J. C., Qites, A. M. Tecnologia da Soldagem ao Arco Voltaico, Editora Edeme, outubro de 1979.