

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações 2

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)



ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações 2

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof^o Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Soellen de Britto
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	<p>Engenharia elétrica: sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0727-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.270221111</p> <p>1. Engenharia elétrica. 2. Telecomunicações. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 621.3</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricitista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.





Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de sub áreas e especializações, algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.


Boa leitura

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

CAPÍTULO 1	1
ESTRATÉGIA TÉCNICA À IMPLANTAÇÃO FUNCIONAL DE COMPENSAÇÃO REATIVA SÉRIE MODULAR	
Cíntia Veiga Claudio	
Fernanda Trindade	
Guilherme Ferretti Rissi	
Mateus Teixeira Duarte	
Massayuki Suzuki	
Nelson C. Jesus	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211111	
CAPÍTULO 2	14
PROJETO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE CONTROLE POR MODO DESLIZANTE APLICADO AO CONVERSOR CC-CC BUCK: ESTUDO DE CASO	
Rafael Angelini Donda	
Flávio Luiz Rossini	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211112	
CAPÍTULO 3	25
USO DE MICRORREDES FOTOVOLTAICAS. CASO DE ESTUDIO EXTENSIÓN LODANA, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ	
María Rodríguez Gámez	
Antonio Vázquez Pérez	
Guillermo Antonio Loor Castillo	
Wilber Manuel Saltos Arauz	
Italo Humberto Navarrete García	
Marcos Lenin Davila Cedeño	
Lucio Alfredo Valarezo Molina	
Julio Cesar Mera Macias	
Julio Cesar Guamán Segarra	
Lenin Agustín Cuenca Álava	
Washington Colon Castillo Jurado	
José Ricardo Núñez Álvarez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211113	
CAPÍTULO 4	47
ANÁLISE DE ALGORITMOS DE ESTIMAÇÃO PARAMÉTRICA APLICADOS AO PROJETO DE CONTROLADOR ADAPTATIVO POR MODELO DE REFERÊNCIA	
Henrique Coldebella	
Leandro Castilho Brolin	
Flávio Luiz Rossini	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211114	
CAPÍTULO 5	59
A INFLUÊNCIA DA TENSÃO ELÉTRICA NA QUALIDADE DA SOLDA A ARCO	


SUBMERSO EM CHAPAS FINAS

Júlio Cezar Pedrosa da Silva
 Gustavo de Castro Lopes
 Matheus Abrão Abdala
 Aldemi Coelho de Lima
 Ildeu Lúcio Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211115>


CAPÍTULO 672**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NO IFG - CAMPUS GOIÂNIA, A PARTIR DE *RETROFIT* DE ILUMINAÇÃO**

Berthiê de Castro Furtado
 Aylton José Alves
 André Mendes Martins
 José Luis Domingos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211116>


CAPÍTULO 787**DESCUBRIENDO LAS CÓNICAS A PARTIR DE SU ECUACIÓN GENERAL**

Esperanza Georgina Valdés y Medina
 Miguel Ángel Chávez García
 Leilani Medina Valdés

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211117>


CAPÍTULO 8 91**APLICAÇÃO DO MÉTODO DO GRADIENTE E DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS RECURSIVO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CONTROLE ADAPTATIVO POR MODELO DE REFERÊNCIA**

Diego Carrião Canhan
 Leandro Castilho Brolin
 Flávio Luiz Rossini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211118>

CAPÍTULO 9101**ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS-MA**

Camila Pinho Tavares Coimbra
 Jessica Moraes Dos Santos
 Janyeid Karla Castro Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2702211119>

SOBRE OS ORGANIZADORES 111**ÍNDICE REMISSIVO112**

A INFLUÊNCIA DA TENSÃO ELÉTRICA NA QUALIDADE DA SOLDA A ARCO SUBMERSO EM CHAPAS FINAS

Data de submissão: 08/09/2022

Data de aceite: 01/11/2022

Júlio Cezar Pedrosa da Silva

IFG / Goiânia

<http://lattes.cnpq.br/7453077878804679>

Gustavo de Castro Lopes

IFG / Goiânia

<http://lattes.cnpq.br/2398384294256166>

Matheus Abrão Abdala

IFG / Goiânia

<http://lattes.cnpq.br/3136667891323073>

Aldemi Coelho de Lima

IFG / Goiânia

<http://lattes.cnpq.br/7292226429014604>

Ildeu Lúcio Siqueira

IFG / Goiânia

<http://lattes.cnpq.br/4582663864916718>

RESUMO: Este trabalho consiste na análise da qualidade da solda entre chapas finas, realizada pelo processo de soldagem a arco submerso, com a utilização de diferentes parâmetros elétricos, com o objetivo de observar a influência desses parâmetros durante o processo, que é utilizado em larga escala na fabricação e manutenção de peças, equipamentos e estruturas. Para isso, foram feitas soldas em chapas finas de

6 mm utilizando-se cinco diferentes faixas de corrente elétrica pré-estabelecidas; além disso, as peças soldadas foram examinadas em ensaio não-destrutivo pelo método de partícula magnética para que fosse possível verificar os defeitos na região da solda. Foi observada uma forte relação entre a faixa de corrente elétrica de trabalho, a qualidade superficial da solda e a facilidade de manuseio do equipamento; correntes mais baixas (até 300 A) possibilitaram um melhor manuseio, acarretando também uma melhor qualidade superficial da peça; já as correntes mais intensas (400 A ou mais) apresentaram difícil manuseio, alta penetração e, portanto, apresentaram defeitos de solda mais nítidos.

PALAVRAS-CHAVE: Arco submerso, Chapas finas, Qualidade da Solda, partícula magnética

THE INFLUENCE OF ELECTRICAL VOLTAGE ON THE QUALITY OF SUBMERGED ARC WELDING IN THIN SHEETS

ABSTRACT: This work aims to analyze the quality of the weld between thin plates, by

the submerged arc welding process, using different electrical parameters, in order to observe the influence of these parameters during the process, which is used in large scale in the manufacture and maintenance of equipments and structures. For this purpose, the welds were made on thin 6 mm plates using five different electrical current ranges pre-established; in addition, the welded parts were examined in a non-destructive test by the magnetic particle method so that it was possible to check for possible defects in the weld region. A strong relationship was observed between the electric current working range, the surface quality of the weld and the ease of handling the equipment; lower currents (until 300 A) enabled better handling, also leading to better quality surface of the piece; the more intense currents (400 A or more) were difficult to handle, high penetration and therefore showed clearer weld defects.

KEYWORDS: Submerged Arc Welding , Thin Sheets, Weld Quality, Magnetic Particle

INTRODUÇÃO

O presente projeto tem como finalidade o desenvolvimento de pesquisa voltada para a área de soldagem a arco submerso, tendo em vista a vasta aplicação do processo e a pouca produção científica do mesmo. Existem alguns processos de soldagem como eletrodo revestido, MIG (Metal Inert Gas), TIG (Tungsten Inert Gas), mas pouco se abordam, tanto nas literaturas quanto em artigos, sobre o processo de arco submerso, apesar de o mesmo apresentar maior taxa de deposição de metal que as demais e seus cordões de solda apresentam melhor qualidade superficial. Dos poucos trabalhos relacionados a esse processo, destacam-se [Jorge et al. 2015] que realizou um estudo das propriedades mecânicas e microestruturais de juntas soldadas de aço carbono obtidas pelo processo a arco submerso, visando o aumento da produtividade na fabricação de tubulações para equipamentos de ancoragem. Pode-se destacar também o trabalho de [Pardal et al. 2011], que apresentou os resultados da caracterização e avaliação da resistência à corrosão de uma junta soldada correspondente a uma tubulação de aço inoxidável duplex (AID) UNS S31803 de 35 mm de espessura de parede soldada pelos processos de soldagem TIG (GTAW) na raiz e arco submerso (SAW) no enchimento e acabamento.

O processo de soldagem a arco submerso é vastamente utilizado em peças de elevada espessura, como por exemplo na construção naval, possuindo um cordão de solda com excelente qualidade superficial [Borba et al. 2015]. Esse fator torna o arco submerso um processo bastante versátil e interessante. Assim, torna-se bastante útil o conhecimento dos parâmetros que afetam a qualidade do cordão de solda, analisando diferentes tensões e correntes de trabalho, ocorrendo uma possível formação de defeitos. Desta forma, foram realizados cordões de solda, utilizando o processo a arco submerso, variando esses parâmetros e posteriormente foi avaliada a qualidade da solda através de ensaio não-destrutivo.

Esse processo é vastamente utilizado em peças de elevada espessura e possui um cordão de solda com excelente qualidade superficial. Esse fator torna o arco submerso um processo bastante versátil e interessante.

Assim, torna-se bastante útil o conhecimento dos parâmetros que afetam a qualidade

do cordão de solda, analisando diferentes tensões e correntes de trabalho, ocorrendo uma possível formação de defeitos. Desta forma, foram realizados cordões de solda, utilizando o processo a arco submerso, variando esses parâmetros e posteriormente foi avaliada a qualidade da solda através de ensaios não-destrutivos.

OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade da solda a arco submerso em diferentes tensões, aplicado em chapas finas, utilizando ensaios não-destrutivos.

Objetivos específicos

- Realizar um estudo bibliográfico;
- efetuar o corte das chapas para fazer a soldagem;
- executar a soldagem variando corrente elétrica;
- inspecionar a qualidade de solda utilizando o ensaio por partículas magnéticas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No processo de soldagem por arco submerso, o calor necessário para a fusão do material é gerado por um arco elétrico que é formado entre a peça de trabalho e o final do consumível, no qual ambos estão cobertos por uma camada de fluxo granular. Portanto, o arco fica coberto e escondido, não produzindo radiação visível (Fortes, 2004).

Durante a soldagem, o calor produzido pelo arco elétrico funde uma parte do fluxo juntamente com a ponta do eletrodo. A zona de soldagem fica sempre envolta e protegida pelo fluxo escorificante, sobrepondo-se ainda por uma camada de fluxo não fundido. O eletrodo permanece um pouco acima do metal-base e o arco elétrico se desenvolve nesta posição. Com o deslocamento do eletrodo ao longo da junta, o fluxo fundido separa-se do metal de solda líquida na forma de escória. O metal de solda possui um ponto de fusão mais elevado que a escória e então solidifica-se enquanto esta ainda permanece fundida, protegendo o metal de solda recém solidificado, que é muito reativo com oxigênio e nitrogênio da atmosfera. Com o resfriamento posterior remove-se o fluxo não fundido, e a escória rapidamente se destaca do metal de solda (BRANDI; WAINER; MELLO, 1992). O esquema básico do funcionamento está ilustrado na Figura 1.

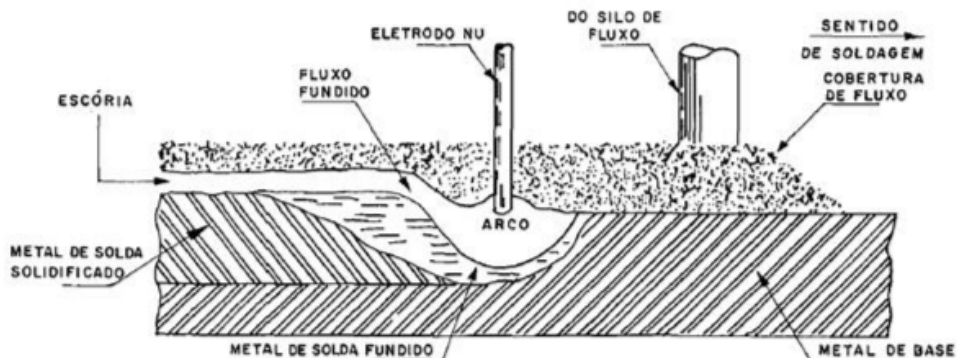


Figura 1 – Funcionamento do processo de soldagem com arco submerso

Os eletrodos utilizados no arco submerso são normalmente revestidos de cobre, visando evitar oxidações superficiais durante seu armazenamento. Eles são fabricados em faixas de composição química especificadas e trefiladas até os diâmetros desejados. É um processo que fornece elevado rendimento, pois não há perdas de metal por projeção. Soldas feitas por arco submerso apresentam boa ductilidade e tenacidade ao impacto, além de boa uniformidade e acabamento na aparência dos cordões de solda. As propriedades mecânicas na solda são compatíveis as do metal de base utilizado, além disso o processo possui elevada taxa de deposição.

A soldagem a arco submerso possui como vantagens a elevada velocidade de soldagem; alta taxa de deposição; boa integridade do metal de solda; processo de fácil manuseio sem emissão de faíscas, respingos e fumos; melhor ambiente de trabalho e maior segurança para o soldador; produção de uma boa escória, que protege de impurezas e de fácil retirada. Entretanto possui limitações como a posição de soldagem, possível somente para posição plana e horizontal, e limitação em relação ao tipo de junta, sendo possível trabalhar somente com juntas em linha. A Figura 2 apresenta os componentes básicos do equipamento de soldagem com arco submerso.

Para realizar a inspeção da qualidade da solda obtida, realiza-se ensaios não-destrutivos. Dentre esses métodos não destrutivos pode-se destacar dois: partícula magnética e líquido penetrante.

Para realizar a inspeção da qualidade da solda obtida, realizou-se o ensaio não-destrutivo por partícula magnética. Esse ensaio consiste em submeter a peça a um campo magnético. As descontinuidades existentes na peça, isto é, os defeitos, irão causar um campo de fuga do fluxo magnético existente na peça. As partículas magnéticas serão atraídas, devido ao surgimento de polos magnéticos e ficarão aglomeradas na região que houver uma descontinuidade. A aglomeração indicará o contorno do campo de fuga, fornecendo a visualização do formato e da extensão do defeito presente [Andreucci 2009].

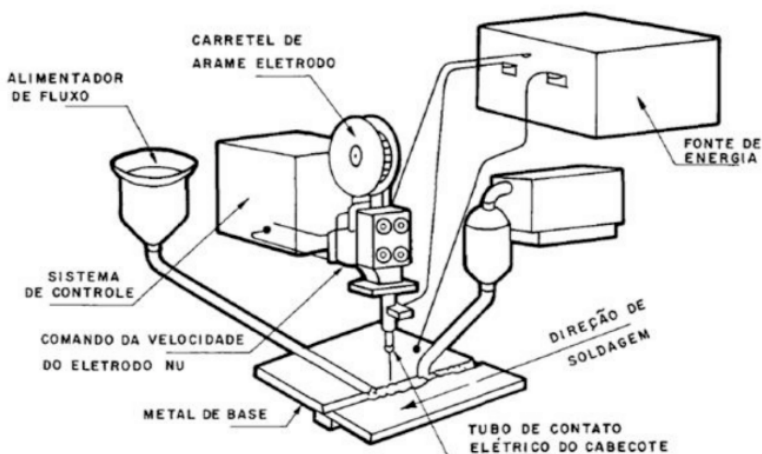


Figura 2 – Equipamentos de Soldagem Arco Submerso

METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Chapa de aço com espessura de 6 mm;
- equipamento de soldagem a arco submerso;
- equipamento para o ensaio de partícula magnética;
- equipamento para o ensaio de líquido penetrante

Primeiramente realizou-se uma sequência de testes na máquina de soldagem a arco submerso (Figura 3) para definição exata dos parâmetros (corrente elétrica e tensão). Em seguida, foram selecionadas algumas chapas de espessura de 6 mm e depois utilizou-se uma serra alternativa para cortá-las pela metade, obtendo chapas de comprimento menores, conforme Figura 4. Posteriormente, partiu-se para a soldagem a arco submerso.

O processo de soldagem foi realizado utilizando um único carretel de arame como eletrodo, entretanto variou-se a corrente de trabalho na faixa de 200 ampères a 600 ampères. O avanço da mesa foi feito de forma manual através da manivela, contudo a velocidade de avanço foi mantida constante para todos os cordões de solda. Em seguida, os cordões de solda foram analisados por ensaios não-destrutivos de partícula magnética e líquido penetrante.

Para realizar o ensaio de partícula magnética, selecionaram-se o equipamento e as peças com os cordões de solda. Em seguida, para cada chapa, aplicou-se o fluido com as partículas magnéticas no cordão de solda e então utilizou-se o um aparelho para magnetizar a chapa. Por fim, utilizou-se uma luz negra para visualizar as descontinuidades presentes em cada peça e então registrou-se por foto o resultado realizado em cada peça.



Figura 3 – Máquina de soldagem a arco submerso



Figura 4 – Chapas de 6 mm para realizar a soldagem

RESULTADOS

A partir da sequência de testes realizada na máquina de soldagem a arco submerso, foi possível obter um melhor controle nos parâmetros elétricos do equipamento, conforme Tabela 1.

Potenciômetro [%]	Corrente [A]	Tensão [V]
26	200	40
40	300	38
52	400	34
70	500	32
>80	600	32

Tabela 1: Relação dos parâmetros da máquina de soldagem a arco submerso

De acordo com a metodologia aplicada, foi possível realizar o processo de soldagem na faixa de corrente desejada, conforme ilustram as Figuras 5 a 9. Na Figura 5, pode se observar que houve uma soldagem contínua; no entanto, nem toda a peça apresentou penetração completa, se manifestando apenas no final da peça. Esse perfil de solda pode apresentar alguns problemas quando a peça for submetida a ensaios de tração ou outro esforço mecânico. Em síntese, pode ser inferido que, mesmo para essa pequena espessura, é inviável a utilização da soldagem a arco submerso nessas condições.

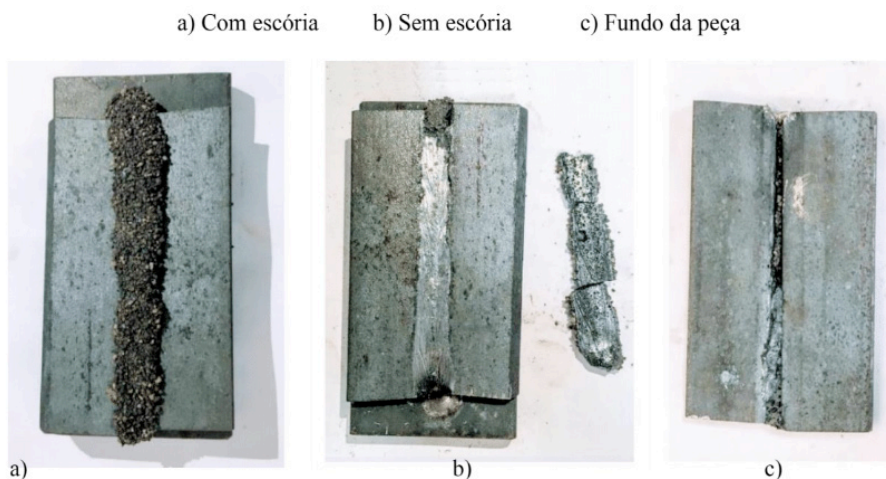


Figura 5 – Soldagem na chapa 200 A –

A Figura 6 mostra a soldagem realizada com uma corrente de 300 A. Não houve uma penetração total nas amostras realizadas a essas condições, no entanto, o cordão apresentou um aspecto visual extremamente interessante: é possível verificar que não existem bolhas superficiais na peça; ter uma escória cheia de bolhas, mas exibindo um cordão perfeitamente executado, sem nenhum defeito nítido, proporciona um aspecto visual muito positivo e uniforme. Esse cordão apresenta uma melhora com relação ao anterior, em termos de continuidade e de homogeneidade, seja visual, superficial ou mesmo de penetração nas amostras.

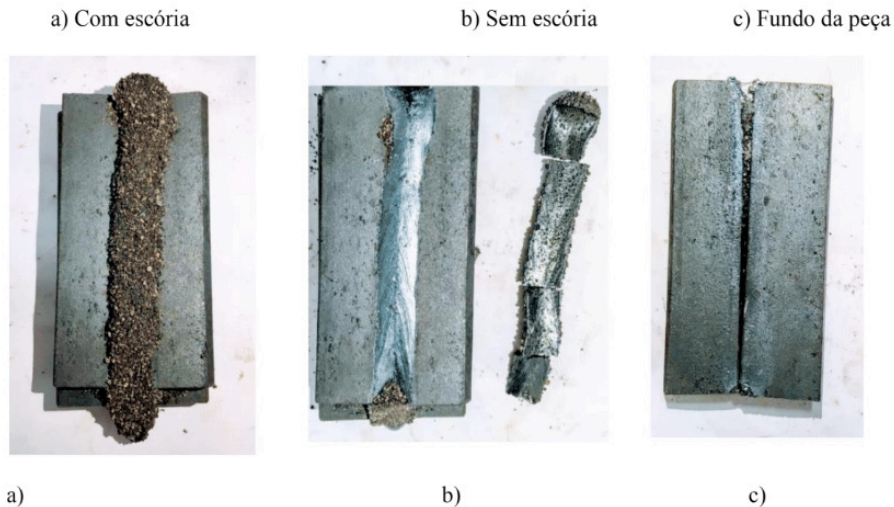


Figura 6 – Soldagem na chapa 300 A –

A Figura 7 apresenta a soldagem realizada com corrente de 400 A. Nesta etapa, observou-se uma descontinuidade mais nítida do cordão. Apesar de ter-se obtido uma penetração quase completa, o aspecto do cordão é visivelmente descontínuo, deslocado, até malfeito; essa descontinuidade se deu, em parte, pois a peça se moveu um pouco sobre a mesa, em função da alta taxa de energia envolvida no processo. Contudo, verificou-se uma peça mais heterogênea que as anteriores, mas com defeitos superficiais e de penetração.

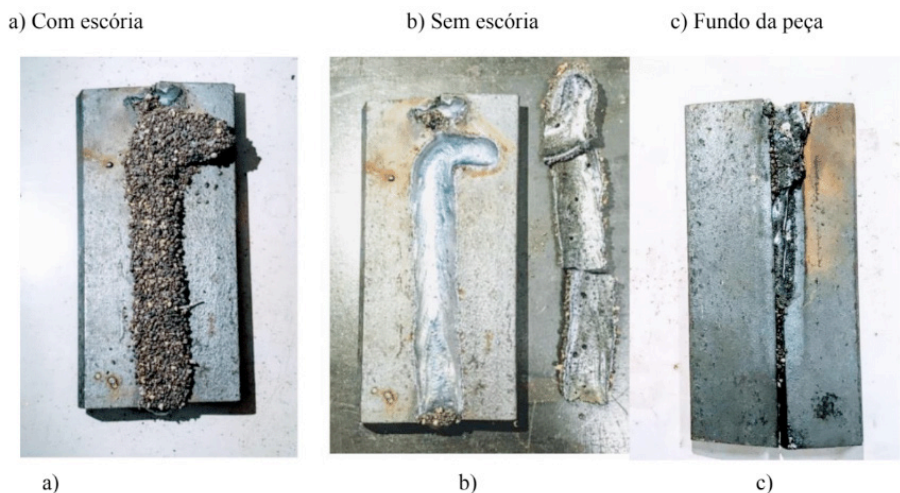


Figura 7 – Soldagem na chapa 400 A –

A Figura 8 exibe a soldagem realizada com corrente de 500 A. Essa etapa apre-

sentou a pior qualidade de solda entre todas as realizadas. É visível que em todos os testes realizados nessas condições há uma grande descontinuidade no processo, o que vai contra qualquer definição de soldagem, assim como qualquer possível aplicação de uma peça nessas condições, sejam elas ornamentais ou estruturais. Portanto, conclui-se que, nessas condições, a soldagem de uma chapa fina se torna completamente inviável e indesejável; houve uma completa penetração visual, mas esta não compensa a falta de homogeneidade apresentada ao longo do cordão de solda.

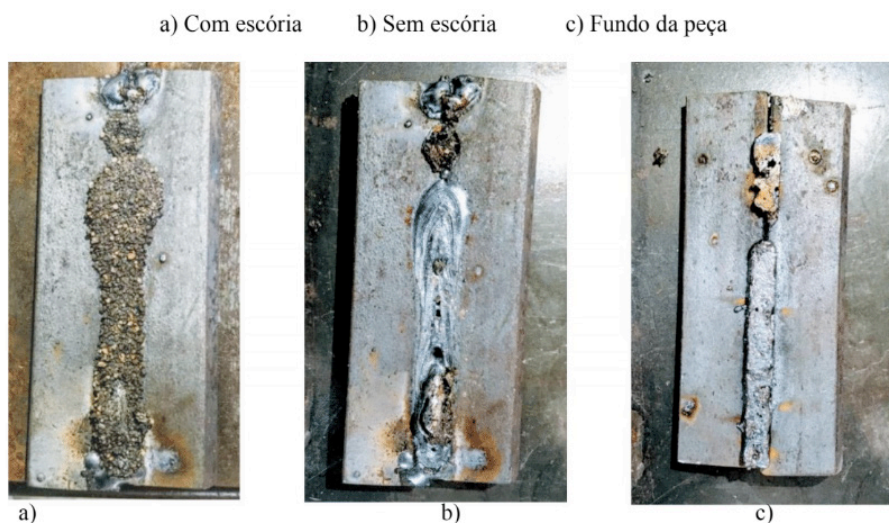


Figura 8 – Soldagem na chapa 500 A –

A Figura 9 apresenta uma das amostras para condição de corrente de 600 A. Embora a peça se apresente visualmente melhor que a anterior, a peça também apresenta heterogeneidade visual muito acentuada, com presença de grandes bolhas na parte inferior da peça, uma grande descontinuidade do cordão sendo interrompido nas extremidades de forma natural porém desordeira, uma penetração completa porém que não parece acrescentar muito a peça além de deformações.

eram esperados, devido ao aumento da corrente, e, conseqüentemente, da energia de soldagem. A peça da direita apresenta uma região central mais funda e com menos reforço que o restante da peça, além da presença de uma trinca. A solda feita a 400 A, exibida abaixo na Figura 12, apresentou poucos defeitos, sendo bem superior às demais. Conforme esperado, a peça apresentou mais mordeduras que as anteriores e um aumento da zona termicamente afetada. Também foi observada uma série de bolhas que, apesar de pouco expressivas, são uma falha em larga escala, além de observar-se reforço reduzido no final do cordão de solda. A peça apresenta heterogeneidade visual, porém não apresenta trinca visual certa, como nos casos anteriores.

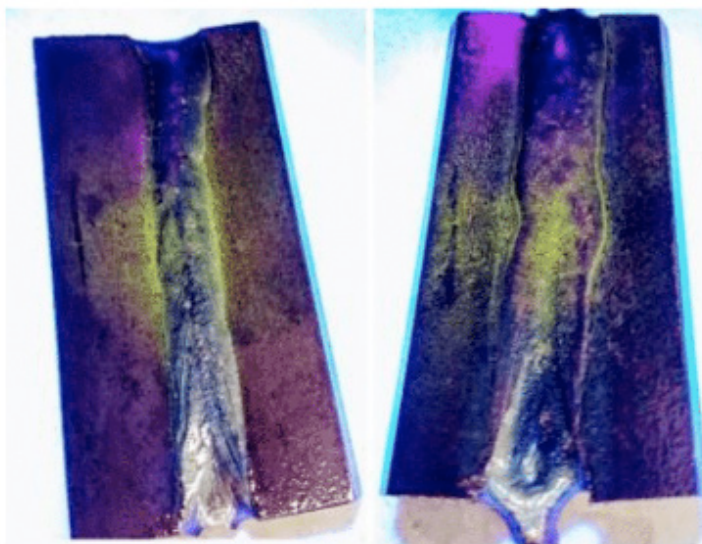


Figura 11 – Ensaio por partícula magnética na chapa 300 A

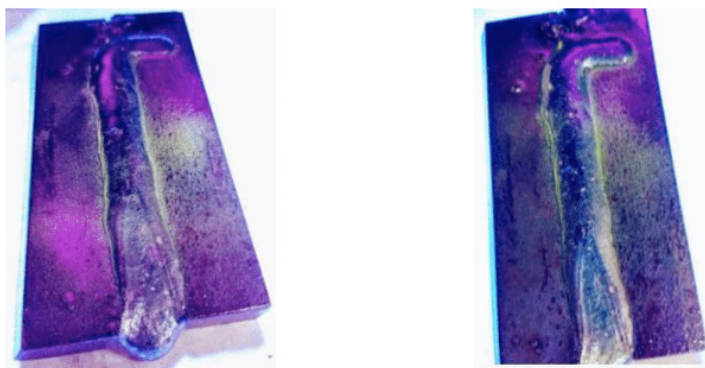


Figura 12 – Ensaio por partícula magnética na chapa 400 A

As Figuras 13 e 14 apresentam os resultados para as soldagens de 500 A e 600 A, respectivamente; estas etapas apresentaram condições bem parecidas de soldagem, e

isso se refletiu nos resultados, também bem semelhantes.

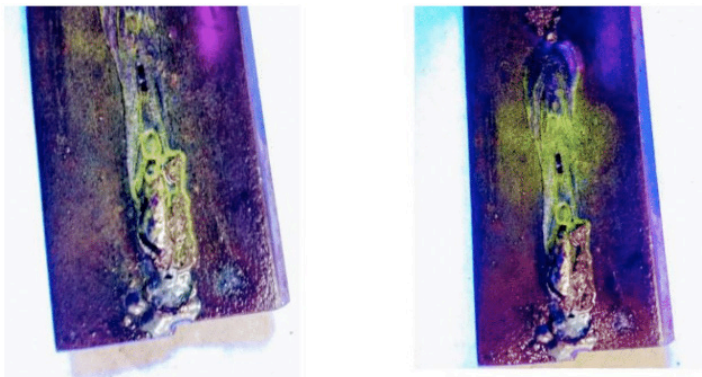


Figura 13 – Ensaio por partícula magnética na chapa 500 A

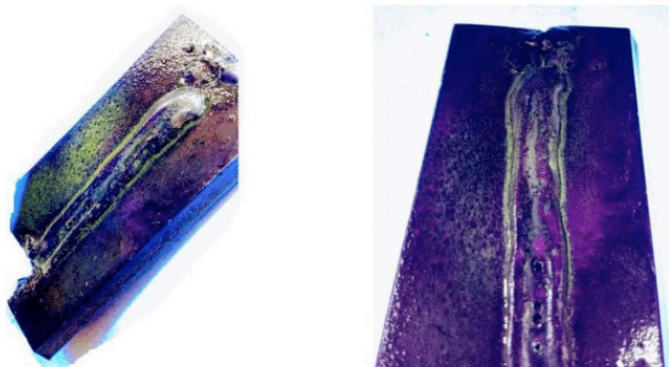


Figura 14 – Ensaio por partícula magnética na chapa 600 A

Como pode ser visto nas Figuras 13 e 14, as duas condições de soldagem geraram peças com grandes defeitos estruturais, como misturas bastante significativas e zonas termicamente afetadas que englobam quase toda a peça. Ambas apresentaram também poros bastante consideráveis, assim como trincas ao longo da peça.

Essas últimas condições apresentam descontinuidades sérias para a soldagem, o que as torna, indesejáveis e completamente inviáveis, além de proporcionarem uma perfuração na chapa, que só não foi mais contínua e acentuada devido a existência de cobre-junta, que permitiu continuidade sem perfuração da peça. No entanto, deve-se salientar que, a partir de 400 A, mostrou-se uma grande dificuldade de realizar a solda, grudando-se a peça na cobre-junta, que só saiu com aplicação de esforço manual bem ríspido e agressivo, auxiliada por ferramentas.

CONCLUSÃO

Observou-se que na soldagem a arco submerso a qualidade superficial do cordão de solda depende da faixa de corrente de trabalho. As soldas realizadas com corrente elétrica até 300 A resultaram em melhor facilidade de operação do processo, além de qualidade superficial superior em relação às correntes maiores (400 A - 600 A). Ademais, não houve penetração total nos procedimentos realizados com as correntes de 200 A e 300 A.

O processo de soldagem foi mais difícil em correntes a partir de 400 A, as chapas sofriam um impacto inicial da abertura do arco e deslocavam-se durante a soldagem, prejudicando a continuidade do processo, a qualidade superficial do cordão de solda e comprometendo a posição do cordão de solda. Além disso, iniciou-se, nessa faixa de corrente, a penetração total da solda em partes do cordão, chegando em alguns casos a perfurar parte da chapa, como ocorreu no procedimento realizado a 600 A.

REFERÊNCIAS

Andreucci, R. (2009). Ensaio por partículas magnéticas. Editora Associação Brasileira De Ensaaios Não Destrutivos e Inspeção. São Paulo.

Borba, T. M. D., Flores, W. D., Turani, L. d. O., and Cardoso Junior, R. (2015). Avaliação da soldabilidade do aço naval eh36 tmcp soldado por arco submerso com elevado aporte de calor. *Soldagem & Inspeção*, 20(1):92–104.

Fortes, C. (2004). ESAB - Processos de Soldagem: Arco Submerso. Disponível em: <<https://www.esab.com.br>>

Jorge, J. C. F., Souza, L. F. G. d., Marouco, E. d. S., Santos Filho, O. R. d., and Diniz, J. L. C. (2015). Propriedades mecânicas e microestruturais de juntas soldadas pelo processo a arco submerso com elevado aporte térmico. *Soldagem & Inspeção*, 20(3):347–358.

Pardal, J. M., Souza, G. C. d., Tavares, S. S. M., Fonseca, M. d. P. C., Ferreira, M. L. R., Martins, L. M., and Samra Filho, O. A. (2011). Caracterização e avaliação da resistência à corrosão na soldagem de tubulação de aço inoxidável duplex uns s31803 pelo processo a arco submerso. *Soldagem & Inspeção*, 16(4):310–321.

Wainer, E., Brandi, S. D., and de Mello, F. D. H. (1992). *Soldagem: processos e metalurgia*. Editora Blucher.

A

Arco submerso 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 71

C

Chapas finas 59, 61

Comparação 5, 23, 47, 91, 98

Comparação de desempenho 91

Compensação reativa série 1, 3, 11, 13

Construção civil 101, 102, 103, 104, 105, 109, 110

Controle Adaptativo por Modelo de Referência (CAMR) 49, 91, 93, 100

Controle por modo deslizante 14, 16, 23

Conversor CC-CC buck 14, 16, 17

Curto circuito 1, 12, 13

D

Demanda energética 26

Desarrollo local 26

Destinação 101, 102, 103, 107, 108

Distorções harmônicas 72, 73, 75, 76, 81, 82

E

Energía fotovoltaica 26, 29, 41, 42, 45

G

Generación distribuida 26, 30, 39, 40, 42, 43, 45, 46

GeoGebra 87, 88, 89, 90

Geração 12, 73, 77, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 109

Gerenciamento 75, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110

I

Impactos ambientais 101, 102

Interpretación 87, 89

M

Método do Gradiente (MG) 47, 49, 50, 91, 96

Método dos Mínimos Quadrados Recursivo (MMQR) 47, 49, 51, 91, 97

MG 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 91, 92, 96, 97, 98, 99

MMQR 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 91, 92, 97, 98, 99

P

Partícula magnética 59, 62, 63, 68, 69, 70

Planejamento 1, 13, 107, 108, 109

Potência de 1, 11, 79

Q

Qualidade da solda 59, 60, 61, 62

Qualidade de energia 1, 72, 73, 75, 77, 84

R

Resíduos 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Ressonância subsíncrona 1, 3, 7, 11

Resultados simulados 47, 48

Retrofit de iluminação 72, 73, 80

S

Secciones cónicas 87, 88, 89

Sistema não linear 14

Sostenibilidad 26, 27, 28, 45

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 