

GILBERTO JOÃO PAVANI
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED MECHANICAL
ENGINEERING
2**

GILBERTO JOÃO PAVANI
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED MECHANICAL
ENGINEERING
2**

 **Atena**
Editora
Ano 2022

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

Daphynny Pamplona

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-Não-Derivativos 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª 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



Collection: applied mechanical engineering 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Gilberto João Pavani

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied mechanical engineering 2 / Organizador
Gilberto João Pavani. – Ponta Grossa - PR: Atena,
2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-982-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.827222904>

1. Mechanical engineering. I. Pavani, Gilberto João
(Organizador). II. Título.

CDD 621

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



Atena
Editora
Ano 2022

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.



APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica aplica os princípios da engenharia, física e ciência dos materiais para a análise, projeto, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos como veículos, máquinas e ferramentas, requerendo a compreensão dos conceitos como automação, ciência dos materiais, cinemática, dinâmica, energia, mecânica dos fluidos, mecanismos, processos de fabricação, termodinâmica e vibrações com o auxílio de ferramentas computacionais para desenho e simulação.

A presente obra “Collection: Applied Mechanical Engineering 2” tem como objetivo a apresentação e a discussão de temas relevantes sobre a aplicação da engenharia mecânica na análise da influência dos parâmetros térmicos e estruturais da solidificação de ligas AA5052 na resistência à corrosão, análise termofluidodinâmica em trocadores de calor do tipo casco e tubo utilizando técnicas de CFD (Computational Fluid Dynamics ou dinâmica dos fluidos computacional), aparelho para exame de audiometria com Arduino, estudo de expressões matemáticas para a difusividade efetiva da água de cascas de maracujá durante a secagem, manutenção centrada em confiabilidade (RCM - Maintenance Focusing on Reliability) como estratégia para otimizar um plano de manutenção, simulação de superfícies de peças resultantes do fresamento de topo reto utilizando MATLAB ® e validação do método numérico utilizando os softwares Ansys ® e Matlab ®.

Portanto, esta obra apresenta grande potencial para contribuir com o entendimento dos temas apresentados, podendo servir como referência valiosa para novas pesquisas e estudos sobre as questões aqui discutidas.

Agradeço aos autores dos capítulos por suas valiosas contribuições e desejo aos leitores sucesso em seus futuros trabalhos de pesquisa sobre os temas apresentados nesta obra.

Gilberto João Pavani

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TÉRMICOS E ESTRU-TURAIIS DA SOLIDIFICAÇÃO DE LIGAS AA5052 NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO

Vinícius Pereira da Silveira
Dielson Muniz Silva
Lanna Almeida Pereira
José Roberto Pereira Rodrigues
Fabio Alejandro Carvajal Florez
Jean Robert Pereira Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229041>

CAPÍTULO 2..... 9

ANÁLISE TERMOFLUIDODINÂMICA EM TROCADORES DE CALOR DO TIPO CASCO E TUBO UTILIZANDO TÉCNICAS DE CFD

Lucas Vinícius da Silva Azevedo
Francisco Augusto Aparecido Gomes
Jakeline Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229042>

CAPÍTULO 3..... 23

APARELHO PARA EXAME DE AUDIOMETRIA COM ARDUINO

Camila Baleiro Okado Tamashiro
Ricardo Costa Rossi
Gabriel Moisés de Camargo
João Pedro de Paiva da Silva
João Pedro Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229043>

CAPÍTULO 4..... 29

ESTUDO DE EXPRESSÕES MATEMÁTICAS PARA A DIFUSIVIDADE EFETIVA ÁGUA DE CASCAS DE MARACUJÁ DURANTE A SECAGEM

Êmyle Myrelle Alves dos Santos
Aluizio Freire da Silva Júnior
Amélia Ruth Nascimento Lima
Josefa Dayse Lima Silva
Maria Tereza Lucena Pereira
Vera Solange de Oliveira Farias
Célia Maria Rufino Franco
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Luis Eduardo Araújo Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229044>

CAPÍTULO 5..... 40

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (RCM) COMO ESTRATÉGIA PARA

OTIMIZAR UM PLANO DE MANUTENÇÃO

Esmeralda Hernandez Méndez

Miguel Ángel Rodríguez Lozada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229045>

CAPÍTULO 6..... 53

SIMULAÇÃO DE SUPERFÍCIES DE PEÇAS RESULTANTES DO FRESAMENTO DE TOPO RETO UTILIZANDO MATLAB

Leon Yuhiti Mori Correa da Cunha

Milton Luiz Polli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229046>

CAPÍTULO 7..... 61

VALIDAÇÃO DO MÉTODO NUMÉRICO UTILIZANDO OS SOFTWARES ANSYS® E MATLAB®

Marie Madeleine Sarzi Inácio

Rubens Gallo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8272229047>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 68

ÍNDICE REMISSIVO..... 69

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS TÉRMICOS E ESTRUTURAS DA SOLIDIFICAÇÃO DE LIGAS AA5052 NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO

Data de aceite: 01/04/2022

Vinicius Pereira da Silveira

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Dielson Muniz Silva

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Lanna Almeida Pereira

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

José Roberto Pereira Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Fabio Alejandro Carvajal Florez

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Jean Robert Pereira Rodrigues

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís – Maranhão

RESUMO: Diferentes morfologias macroestruturais e tamanhos de grãos desenvolvem-se devido a uma ampla gama de condições operacionais que podem existir durante a solidificação. Sabe-se que as propriedades mecânicas e resistência à corrosão têm-se mostrado fortemente dependentes da morfologia estrutural. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento eletroquímico da liga AA5052, contendo cerca de 3% de magnésio pelo seu interesse comercial

solidificada de forma unidirecional. Este estudo foi realizado através de análises de curvas de polarização e testes de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), em solução de 0,5M de NaCl à 25°C. O lingote pode apresentar diferentes respostas à corrosão em diferentes partes, como função do arranjo micro estrutural. A taxa de corrosão e parâmetros de impedância são também discutidos.

PALAVRAS-CHAVE: Solidificação, alumínio, impedância, corrosão.

ABSTRACT: Different macrostructural morphologies and sizes of grains develop due to a wide range of operating conditions that may exist during solidification. It is known that the mechanical properties and corrosion resistance have been shown to be strongly dependent on the structural morphology. The objective of this study was to evaluate the electrochemical behavior of AA5052 alloy containing about 3% magnesium for its commercial interest unidirectionally solidified. This study was conducted through analysis of polarization curves tests and electrochemical impedance spectroscopy (EIS), in a solution of 0.5 M NaCl at 25 ° C. The casting can exhibit different responses in different parts of corrosion as a function of microstructural. The corrosion rate and impedance parameters are also discussed.

KEYWORDS: Solidification, aluminum, electrochemical, corrosion.

1 | INTRODUÇÃO

As ligas Al-Mg (série 5XXX) constituem um importante grupo de ligas de alumínio,

contendo de 0,8 a 5% de Mg (BRADY *et al*,1991). As ligas dessa série possuem boa soldabilidade e boa resistência de corrosão em atmosferas marinhas. São classificados como ligas não tratáveis termicamente, mas são endurecidos por solução sólida e encruamento. Além desse ganho de resistência mecânica, o magnésio garantirá um maior endurecimento do metal (AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1983).

A macroestrutura de solidificação de peças fundidas ou lingotes pode apresentar-se na forma de grãos completamente colunares ou equiaxiais dependendo da composição química da liga e das condições de solidificação. Uma forma estrutural mais complexa, típica de solidificação em moldes de maiores difusividades de calor como moldes metálicos e refrigerados, é composta pelas duas zonas estruturais. Essa forma mista de solidificação ocorre quando os grãos equiaxiais encontram condições de nuclear e crescer no líquido, à frente da fronteira colunar de crescimento, provocando a transição colunar/equiaxial (CHALMERS; DOHERTY *et al*; FLEMINGS; OHNO; KURZ, FISHER, 1963,1977,1974,1970,1981).

Atualmente, lingotes com geometrias complexas são produzidos em larga escala e nesses casos o calor é extraído com orientação não preferencial. Nas regiões do lingote onde o crescimento dendrítico ocorre na direção a qual é similar a do vetor gravidade (crescimento para baixo) pode ocorrer uma inversão atenuada no perfil da macro segregação, uma vez que, o fluxo do soluto rico provocado pela contração da solidificação é oposto àquele causado pela ação da gravidade. Por outro lado, nas regiões onde prevalece o crescimento direcional para cima, a superfície será rica em soluto. Esse fenômeno requer uma análise global na composição da superfície do lingote que permite homogeneização e/ou melhora no comportamento corrosivo da superfície dos produtos de fundição (DOHERTY *et al*, 1977).

As morfologias macro e micro estruturais apresentam forte influência na resistência à corrosão. Recentemente, estudos mostraram os efeitos da macroestrutura de metais puros sobre as tendências de resistência à corrosão e também de microestruturas de ligas de alumínio. Verificou-se que a tendência de melhora da resistência à corrosão depende da taxa de resfriamento imposta durante a solidificação, que afeta no tamanho dos braços dendríticos, na redistribuição de soluto, e no comportamento eletroquímico do soluto e solvente dependendo de como são distribuídos (DOHERTY *et al*, 1977).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foi utilizada a liga de Alumínio AA5052 (Al8Mg5), que foi preparada utilizando-se de metais comercialmente puros: Al (99,8%) e Mg (99,9%), cuja composição é apresentada pela análise química na Tabela 1.

Al	Mg	Fe	Si	Cr	Mn	Cu	OUTROS
95,510	3,091	0,593	0,383	0,242	0,142	0,038	0,001

Tabela 1: Composição Química Da Liga De Alumínio Aa5052.

A liga foi fundida no forno de resistência elétrica e então vazada no molde montado no dispositivo de solidificação unidirecional em diferentes temperaturas de superaquecimento. Neste experimento a liga foi vazada a 720°C acima da temperatura de fusão.

O dispositivo de solidificação unidirecional mostrado na figura 1 consiste basicamente de um forno tubular aquecido por 4 elementos tipo Globar de carbetto de silício, no qual é encaixada a casca cerâmica a base de zirconita de 280 mm de altura e 40 mm de diâmetro interno, sob a qual é acoplado o molde de cobre refrigerado a água. Este dispositivo foi projetado de tal modo que a extração de calor seja realizada somente pela parte inferior refrigerada a água, promovendo uma solidificação unidirecional vertical ascendente.

As variações de temperatura em função do tempo durante a solidificação, foram registradas em um sistema de aquisição de dados de 12 bits de resolução composto por duas placas de condicionamento, sendo uma para 16 termopares tipo K e outra para 16 termopares tipo S, com taxa de aquisição de 10 Hz por canal.

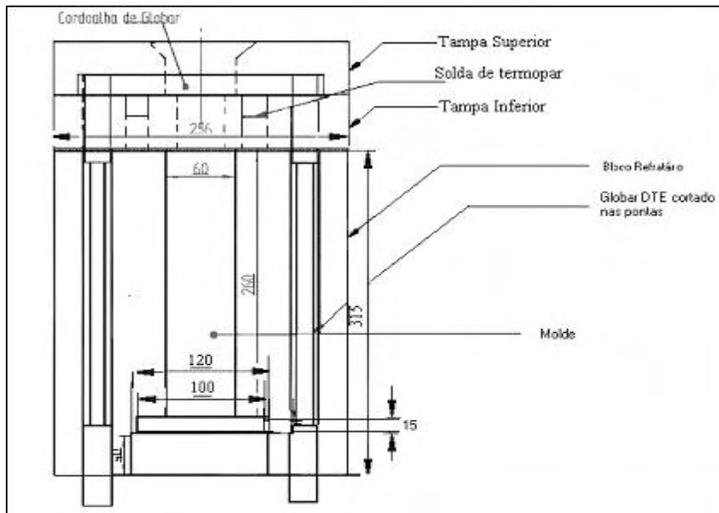


Figura 1: Dispositivo para solidificação unidirecional.

Foram utilizados 8 termopares tipo K (cromel/alumel), posicionados na casca cerâmica, desde a interface metal/molde e a cada 20 mm de distância, conectados ao sistema de aquisição de dados. Na figura 2 é mostrado em detalhe, um esquema da casca cerâmica com o molde de cobre refrigerado na parte inferior, bem como o posicionamento dos termopares.

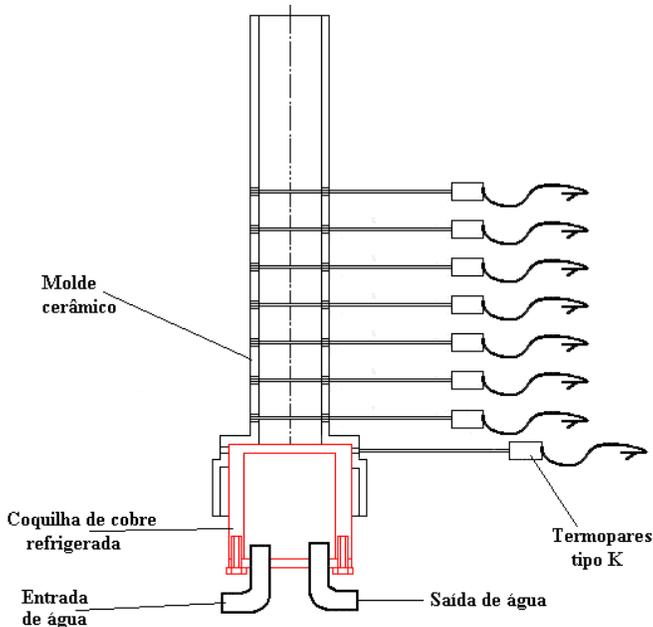


Figura 2: Esquema do aparato experimental utilizado.

Depois de desmoldado, o lingote obtido foi cortado na seção longitudinal. Em seguida a amostra foi lixada em lixadeira manual, usando lixas de carbetos de silício e óxido de alumínio. A sequência utilizada foi de grana: 100, 220, 320, 400 e 600, 800 e 1200. Para avaliar a macroestrutura, foi realizado um ataque na seção longitudinal para permitir o exame visual. Para o ataque das ligas de Al-Mg foi realizado um reagente constituído de: 20 ml de glicerina, 30 ml HCl, 2 ml de solução saturada em água de FeCl_3 , 7 gotas de HF e 1 ml de HNO_3 .

Espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e testes de polarização foram realizados em triplicata utilizando-se das amostras coletadas ao longo do lingote Al5052 em 3 diferentes posições do metal em relação à superfície de resfriamento (inferior – P1 com 20mm da chapa-molde; centro – P2 com 85mm e superior – P3 com 130mm da chapa-molde). Os testes EIE foram realizados em solução de 0,5M de NaCl a 25°C em pH aproximadamente neutro (6,5). Um potenciostato (Autolab PGSTAT 12/30/320), uma célula de corrosão (em vidro Pyrex) contendo contra eletrodo de platina, eletrodo de calomelano como eletrodo de referência e as amostras como eletrodo de trabalho foram usados para realizar os ensaios. As amostras (eletrodo de trabalho) foram posicionadas na célula de corrosão de forma que uma área circular de 1cm^2 ficasse em contato com o eletrólito. A amplitude de potencial foi ajustada para 10mV em potencial de circuito aberto com amplitude de frequência ajustada de 100mHz até 100kHz (6 pontos por década). As amostras antes das medições foram lixadas (até 600 granas), e em seguida lavadas com

água destilada e secas em ar. Deram-se início às medições de EIE depois de 20 minutos com intuito de estabilização de potencial das amostras. Os testes de polarização também foram realizados em solução 0,5M de NaCl a 25°C utilizando um potenciostato. Esses testes foram conduzidos com uma taxa de varredura de 0,2 mV/s em uma faixa de potencial de circuito aberto entre -250mV (ESC) e +250mV (ESC). Usando um sistema automático de aquisição de dados, as curvas de polarização foram plotadas e taxas e potenciais de corrosão foram estimados pelo método de extrapolação Tafel.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 3 mostra as macroestruturas típicas da liga AA5052, onde os testes eletroquímicos foram realizados, podem ser observadas em três diferentes posições: próxima à base de refrigeração (P1), no meio (P2) e no topo do lingote (P3).

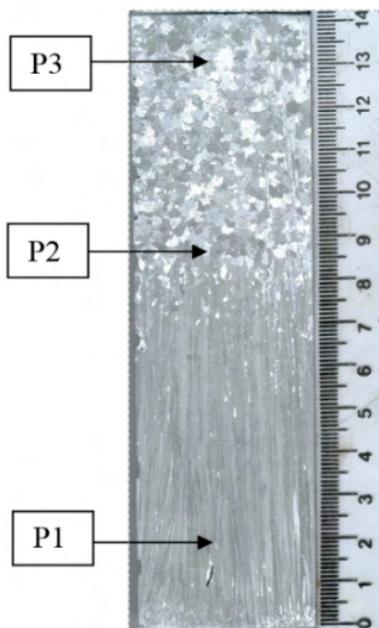


Figura 3: Macroestrutura de solidificação direcional para cima e posições selecionadas para os testes de corrosão.

A Figura 4 mostra as curvas de polarização das amostras solidificadas. Observa-se que a amostra em P1 (base) apresentou uma densidade de corrente catódica mais alta (mais nobre) que a amostra de alumínio puro, já os pontos P2 (centro) e P3 (topo) apresentaram um potencial de corrosão mais baixo (menos nobre) que a amostra de alumínio puro.

Apesar de apresentar um potencial de corrosão mais nobre, o P1 apresenta maior taxa de corrosão que o alumínio puro na solução de 0,5M de NaCl, isso indica que P1

é mais susceptível a ação corrosiva que o alumínio puro, entretanto, os pontos P2 e P3 apresentaram menor taxa de corrosão que o alumínio puro, sendo estes menos vulneráveis a ação corrosiva que o alumínio.

A maior resistência à corrosão observada para estruturas dendríticas mais grosseiras (zona equiaxial) da liga AA5052, parece estar associada à quantidade de alumínio nesta fase. A parte inferior do lin-gote é uma região relativamente rica em Mg (macro segregação) quando comparada com concentrações de soluto nas regiões que estão mais próximas ao topo do lingote. Maior taxa de resfriamento próximo à superfície de resfriamento do lingote, espaçamentos dendríticos mais finos e uma distribuição mais homogênea contribuem para a diminuição da resistência à corrosão para a liga de alumínio AA5052.

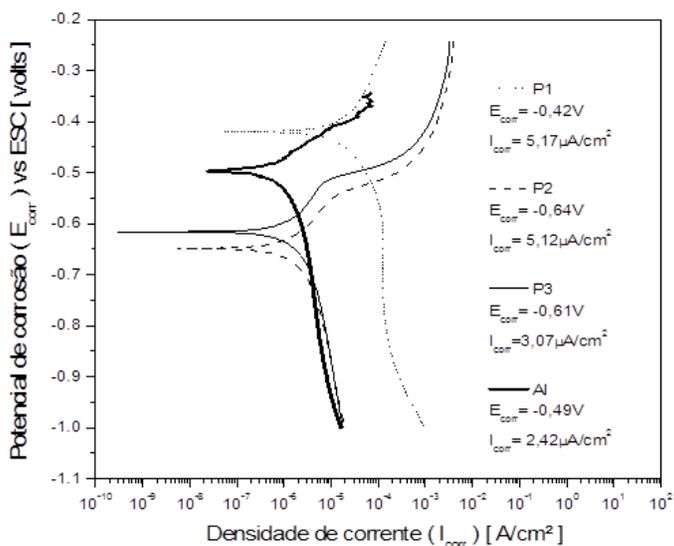


Figura 4: Curvas de polarização obtido para a amostras de alumínio puro e as três diferentes posições do lingote da liga AA5052 em solução 0,5M de NaCl a 25°C.

Ensaio de EIE e polarização foram realizados no intuito de analisar os efeitos do refino dendrítico (pela taxa de resfriamento) sobre a resistência à corrosão das amostras da liga AA5052. A Figura 5 mostra os resultados experimentais EIE em representação Bode e Bode-phase, respectivamente. Observa-se que tanto o módulo de impedância, quanto o ângulo de fase diminuem com o aumento da distância em relação à superfície refrigerada do lingote, porém observa-se que o ponto P2 possui o menor módulo de impedância e ângulo de fase. Sabe-se que maior módulo de impedância e maior ângulo de fase são indicativos de um comportamento eletroquímico mais nobre. Observa-se que a parte inferior do lingote (zona colunar) possui um comportamento eletroquímico mais nobre que pode ser explicado pela distribuição homogênea ao longo da microestrutura devido ao refino no arranjo interdendrítico.

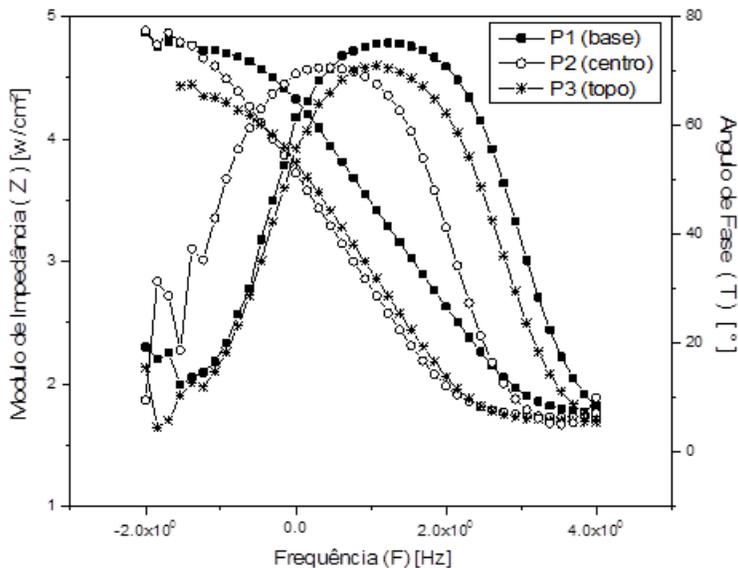


Figura 5: Representação dos resultados dos testes EIE em Bode e Bode-Phase para a Liga AA5052 em 0.5M de NaCl.

4 | CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tomadas para o presente trabalho:

O ponto P1 apresenta taxa de corrosão maior que o alumínio puro quando sujeito ao teste de polarização em solução 0,5M de NaCl a 25°C e pH próximo a 6,5, sendo assim, mais susceptível à ação corrosiva que alumínio puro. Entretanto, os pontos P2 e P3 apresentaram menor taxa de corrosão que o alumínio puro, sendo estes menos vulneráveis à ação corrosiva que o alumínio.

Tanto o módulo de impedância, quanto o ângulo de fase diminuem com o aumento da distância em relação à superfície refrigerada do lingote, porém observa-se que o ponto P2 possui o menor módulo de impedância e ângulo de fase. O ponto P1 (zona colunar) possui um comportamento eletroquímico mais nobre que pode ser explicado pela distribuição homogênea ao longo da microestrutura devido ao refino no arranjo interdendrítico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro fornecido pela FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão, Brasil).

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR METALS., **Metals Handbook**, 9.ed., United States of America, ASM International, 1983.

BRADY, GEORGE S., CLAUSER, HENRI H., **Materials Handbook**, 13^a ed., New York: Macgraw Hill, 1991.

CHALMERS, B. **The structure of ingots**. The Journal of the Australian Institute of Metals, v.8, p.255, 1963.

DOHERTY, R. D., COOPER, P. D., BRADBURY, M.H E HONEY, F. J., **On The Columnar-to Equiaxed Transition in Small ingots** – Metallurgical Transactions, v. 8A, p.397, 1977.

FLEMINGS, M.C., **Solidification processing**. 1st ed. New York, NY: Ed. McGraw-Hill, 364 p, 1974.

KURZ, W. AND FISHER J. **Dendrite growth at the limit of stability: Tip radius and spacing**. Acta Metallurgical, v.29, pp.11-20, 1981.

OHNO, A. **Formations mechanism of the equiaxed zone in ingots**. Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan, v.10,p459, 1970.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumínio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

Arduino 23, 24, 25, 27

C

Casco e tubo 9, 15

CFD - Computational Fluid Dynamics 9, 22

Confiabilidade 40

Corrosão 1, 2, 4, 5, 6, 7

E

Educação 23, 29, 68

F

Fresamento 53, 54, 57, 59, 67

I

Impedância 1, 4, 6, 7

M

Manutenção Centrada em Confiabilidade - RCM 40

MATLAB 53, 54, 65

Método direto 61, 62, 66

Método dos volumes finitos 21, 30, 32, 38

Modelos difusivos 30, 31, 35

O

OpenFOAM 9, 10, 13, 14, 21, 22

Otimização 30, 34, 36, 38

R

Robótica 23, 25

S

Saúde 23, 24, 25, 27, 29, 68

Simulação 10, 13, 15, 19, 21, 30, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 63, 65

Simulação numérica 21, 61

Solidificação 1, 2, 3, 5

Solução numérica 29, 30, 31, 32, 33, 34

T

Transferência de calor 9, 10, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 39, 61, 62, 65, 66, 67

Trocador de calor 9

U

Usinagem 53, 54, 67

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED MECHANICAL ENGINEERING

2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED MECHANICAL ENGINEERING 2