

**Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4**



**Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

**4**

**Atena Editora  
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-194-7  
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.  
CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

# Tecnologia e Engenharia em Foco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO</b>	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
<b>DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO</b>	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
<b>INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO</b>	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>25</b>
<b>ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI</b>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>33</b>
<b>INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR</b>	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 42**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC**

*Cleber Asmar Ganzaroli*  
*Douglas Freire de Carvalho*  
*Luiz Alberto do Couto*  
*Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias*  
*Wesley Pacheco Calixto*

**DOI 10.22533/at.ed.9471915036**

**CAPÍTULO 7 ..... 55**

**IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE**

*Éric Dias Souza*  
*Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida*  
*Wagner dos Santos Clementino de Jesus*

**DOI 10.22533/at.ed.9471915037**

**CAPÍTULO 8 ..... 61**

**MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G**

*Leonardo Augusto Arruda*  
*Márcio Roberto Covacic*  
*Ruberlei Gaino*

**DOI 10.22533/at.ed.9471915038**

**CAPÍTULO 9 ..... 81**

**MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G**

*Giovani Augusto de Lima Freitas*  
*Márcio Roberto Covacic*  
*Ruberlei Gaino*

**DOI 10.22533/at.ed.9471915039**

**CAPÍTULO 10 ..... 103**

**PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

*Clenio Batista Gonçalves Junior*  
*Murillo Rodrigo Petrucelli Homem*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150310**

**CAPÍTULO 11 ..... 119**

**ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA**

*Lariane Ferreira Sena*  
*Rafaela Cunha dos Reis*  
*Aline Alcamin Monteiro*  
*Paula Luisa Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150311**

**CAPÍTULO 12 ..... 130**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE**

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes  
Thamyscira Herminio Santos da Silva  
Allan Jedson Menezes de Araújo  
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio  
Lizandra Fernanda Araújo Campos  
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra  
Daniel Araújo de Macedo*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS**

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho  
Carlos Cássio de Alcântara  
José Joelson de Melo Santiago*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO**

*Lucas Carvalho Santana  
André Castilho dos Santos  
Cynthia Mayara de Carvalho  
Gilberto Augusto de Oliveira Brito  
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 162**

**DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL**

*Raul José Alves Felisardo  
Gabriela Menezes Silva  
César de Almeida Rodrigues*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 168**

**ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES**

*Luciana Machado Rodrigues  
Vanessa Rosseto  
Clarissa Ferreira Pin  
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150316**

**CAPÍTULO 17 ..... 176**

**DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO**

*Gabriel André Tochetto  
Danieli Brandler  
Deisy Maria Memlak  
Francine Caldart  
Gean Delise L. P. Vargas  
Cleuzir da Luz  
Joceane Pigatto  
Adriana Dervanoski*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150317**

**CAPÍTULO 18 ..... 187**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NIÓBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÉLICA**

*Rayane Ricardo da Silva  
Carlson Pereira de Souza  
Tiago Fernandes Oliveira  
Maria Veronilda Macedo Souto  
Angelinne Costa Alexandrino*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150318**

**CAPÍTULO 19 ..... 195**

**ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO**

*Yane Coutinho Lira  
Fernanda Cavalcanti Ferreira  
Romildo Alves Berenguer  
Rodrigo Mendes Patrício Chagas  
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça  
Milton Bezerra das Chagas Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150319**

**CAPÍTULO 20 ..... 205**

**RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO**

*Bianca de Paula Ramos  
Rosane Freire Boina*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150320**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 217**



## INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

### **Lucas Carvalho Santana**

Universidade Federal do Espírito Santo, Curso de Graduação em Engenharia Química  
Alegre-ES

### **André Castilho dos Santos**

Universidade Federal do Espírito Santo, Curso de Graduação em Engenharia Química  
Alegre-ES

### **Cynthia Mayara de Carvalho**

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
Alegre-ES

### **Gilberto Augusto de Oliveira Brito**

Universidade Federal de Uberlândia,  
Departamento de Química  
Ituiutaba-MG

### **Christiano Jorge Gomes Pinheiro**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Engenharia Rural  
Alegre-ES

**RESUMO:** A bateria chumbo-ácido é um acumulador de energia que tem grande influência no setor energético mundial, principalmente no setor automobilístico. A busca por processos e materiais mais eficientes e competitivos torna a bateria chumbo-ácido uma alternativa mais consolidada no mercado, podendo ser uma opção com maior rendimento e mais barata. Assim, a adição de aditivos de carbono como

componente da massa ativa (pasta) das placas negativas, é um exemplo que deve ser estudado para melhorar o consumo de energia e tornar a demanda deste tipo de bateria ainda maior pelo mercado. Isto posto, este trabalho visou analisar a influência do aditivo de carbono Micrograf 9930MA em diferentes concentrações na capacidade da placa negativa de baterias chumbo-ácido. Foram produzidas miniplacas de óxido de chumbo e água com aditivo de carbono em diferentes porcentagens de massa. Posteriormente, foram medidas a densidade, a macroporosidade e a capacidade dessas. Os resultados obtidos demonstraram maior capacidade para as placas com 0,5 e 0,75% de aditivo e menor capacidade para as com 1,0 e 2,0% em relação à placa com 0%.

**PALAVRAS-CHAVE:** aditivos de carbono, baterias de chumbo-ácido, placas negativas, capacidade.

**ABSTRACT:** The lead-acid battery is an energy accumulator that has great influence in the world energy sector, mainly in the automotive sector. The search for more efficient and competitive processes and materials makes the lead-acid battery a more consolidated alternative in the market, being able to be an option with higher yield and cheaper. Thus, the addition of carbon additives as a component of the active mass (paste) of the negative plates is an example that

must be studied to improve energy consumption and make the demand for this type of battery even greater by the market. This work aimed to analyze the influence of the Micrograf 9930MA carbon additive in different concentrations on the negative plate capacity of lead-acid batteries. Mini plates of lead oxide and water with carbon additive were produced in different percentages of mass. Subsequently, density, macroporosity and capacity were measured. The results showed higher capacity for the plates with 0.5 and 0.75% of additive and lower capacity for those with 1.0 and 2.0% in relation to the 0% plate.

**KEYWORDS:** carbon additives, lead-acid batteries, negative plates, capacity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente as baterias chumbo-ácido estão bastante consolidadas no mercado, crescendo juntamente com a difusão dos automóveis e ocupando papel de destaque como acumulador de energia nos veículos automotores, principalmente por aspectos como tecnologia de manufatura, logística reversa consolidada e custo e benefício (TSURUMAKI, 2017).

Muitos estudos sobre os parâmetros que afetam a eficiência e metodologia de processo de produção ainda estão sendo realizados para a melhoria das baterias chumbo-ácido, sendo fundamentais, visto que este tipo de acumulador compete com outros acumuladores de energia, como as baterias íon lítio, necessitando ser constantemente aperfeiçoado para se manter competitivo no mercado (PAVLOV, 2011), (BODE, 1977).

Deste modo, uma consequência dos vários ciclos de carga e descarga que vem sendo estudada é a perda de capacidade, que prejudica o desempenho da bateria. Logo, por decorrência desses estudos, experimentos têm sido feitos alterando-se a composição do material ativo pela adição de aditivos capazes de causar um efeito de redução na perda de capacidade, como por exemplo, os aditivos de carbono (PAVLOV, 2011), (BODE, 1977).

Diante desse cenário, busca-se determinar a influência em diferentes concentrações do aditivo de carbono Micrograf® 9930MA na capacidade C-20 na placa negativa de baterias chumbo-ácido.

## 2 | METODOLOGIA

Os procedimentos foram realizados com 5 lotes, cada qual constituídos com placas negativas contendo diferentes porcentagens de aditivos de carbono, sendo estas: 0%, 0,5%, 0,75%, 1% e 2%. Para as placas positivas de todos os lotes foram utilizadas placas sem adição de carbono. Os procedimentos executados seguem descritos a seguir:

### Preparação Das Grades

Foram confeccionadas 31 grades para o lote de 0%, 35 grades para o lote de 0,5%, 35 grades para o lote de 0,75%, 20 grades para o lote de 1% e 20 grades para o lote de 2%. As dimensões de cada grade foram de, aproximadamente, 3,8 cm de comprimento e 1,6 cm de altura. Todas as grades foram pesadas com o auxílio de uma balança analítica.

#### Preparação Da Pasta

As massas dos constituintes da pasta foram determinadas obedecendo a porcentagem de aditivo e a porcentagem de 10% (m/m) de água para a pasta de cada lote. Para lotes de 0%, 0,5% e 0,75% foram utilizados 150g de óxido de chumbo e para os lotes de 1% e 2% foram utilizados 100 g de óxido de chumbo. O óxido de chumbo e o pó de grafite foram colocados em um almofariz e misturados antes da adição da água. A água foi adicionada à mistura dos sólidos de forma lenta e gradativa, sendo esse produto constantemente misturado manualmente, utilizando-se pistilo de porcelana, em temperatura ambiente, até que foi visualizado um aspecto homogêneo. Em seguida foi realizado o empaste.

#### Empaste

O processo de empaste consistiu na aplicação da pasta às grades. As grades foram dispostas sobre uma chapa de madeira revestida com papel tipo kraft previamente umedecido. Após o empaste, as placas tiveram a massa determinada por uma balança analítica.

#### Cura

Após o empaste, as placas foram levadas à câmara de cura, onde foram ser mantidas durante duas semanas em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C). Terminado o tempo de cura, as placas tiveram as massas determinadas por uma balança analítica.

A câmara de cura utilizada foi construída com uma estrutura cilíndrica de polipropileno. No interior da câmara foram dispostas duas cordas revestidas de poliéster que atravessa as laterais da câmara, utilizada para a fixação das placas. A câmara foi revestida com papel tipo kraft para a redução da luminosidade no interior da mesma. A câmara de cura foi mantida a um volume de aproximadamente 10 litros de água, correspondente a metade do nível máximo.

#### Macroporosidade

Três placas de cada conjunto de diferentes concentrações de aditivo de carbono foram escolhidas aleatoriamente para a determinação da macroporosidade. O método de determinação da macroporosidade utilizado foi o por absorção de água. As placas foram mergulhadas em um béquer com água destilada durante trinta minutos, e suas massas foram determinadas após esse intervalo. Em seguida, as três placas foram mergulhadas novamente no béquer e feitas medidas de suas massas de um em um minuto, durante trinta minutos. Nos gráficos construídos, foi realizada a extrapolação da reta advinda da regressão linear aplicada com os dados de cada placa, com o objetivo de encontrar a massa da placa umedecida para aos cálculos de macroporosidade de

acordo com a equação Equação A (WILSON, 1999):

$$\% \text{ poros} = \frac{\text{Volume}_{\text{água}}}{\text{Volume}_{\text{total}}} \times 100 \% \quad (\text{A})$$

### Formação

A formação eletroquímica foi realizada com um conjunto de 3 placas, sendo 2 positivas e 1 negativa. As placas positivas eram pertencentes ao lote sem a adição de grafite na preparação da pasta. Isso se deve ao fato de, na placa positiva, os compostos tenderem a sofrer oxidação, e, portanto, a presença de carbono na composição desta placa ocasiona a formação de dióxido de carbono, que provoca a degradação acelerada da placa. A placa negativa proveu dos lotes de placas com a adição de grafite, sendo realizada uma formação para cada placa correspondente a uma concentração de aditivo.

As placas, tanto positiva quanto negativas, foram selecionadas aleatoriamente. Foi preparada então uma solução de 1 M de ácido sulfúrico, a qual foi adicionada em uma cuba de acrílico de dimensão de 20 cm<sup>2</sup>, aproximadamente, para a alocação da célula. As placas foram então mergulhadas na solução ácida de forma que as placas positivas ficassem nas extremidades e a placa negativa na parte central.

Feito isso, os eletrodos foram conectados por fios condutores. Foi conectado ao sistema também um multímetro para a leitura da corrente que percorre o sistema. Com o sistema montado, a fonte elétrica foi ligada e deu-se o início da formação eletroquímica. A corrente utilizada para a formação foi de aproximadamente 60 mA, sendo realizada em modo de corrente constante. A formação ocorreu por um período de tempo de 3 dias.

### Medida de Capacidade

Após a formação eletroquímica, as placas foram retiradas da cuba e mergulhadas 3 vezes em uma solução de ácido sulfúrico 4,6 M durante, durando 30 minutos cada mergulho. Logo após foi remontado o mesmo aparato experimental da formação, porém com uma solução de 4,6M. Além dos eletrodos imersos, foi adicionado a célula um eletrodo de referência.

O eletrodo de referência utilizado era composto por uma vidraria contendo mercúrio metálico, sulfato de mercúrio (I) e uma solução de ácido sulfúrico. A solução do eletrodo fica em contato direto com a solução da célula através de um orifício na parte mais inferior do eletrodo.

O teste de capacidade consiste na realização da carga das baterias e uma posterior descarga controlada até um valor de potencial de 700 mV. Quando a condição de descarga atingiu esse nível de diferença de potencial, a descarga foi interrompida. O sistema deve permanecer na faixa de corrente constante, para ter-se apenas variação do potencial da bateria.

Durante a carga, o polo negativo do ciclador foi conectado por cabos condutores a placa negativa. Bem como o polo positivo foi conectado às placas positivas da bateria

chumbo-ácido. O ciclador utilizado também contou com um sistema de registro de potencial, no qual possui duas entradas para a leitura, uma positiva e a outra negativa. A entrada negativa foi conectada a placa negativa da célula, e a entrada positiva foi conectada ao eletrodo de referência. A carga foi realizada até que se atingiu um valor de potencial de 1100 V.

A descarga procedeu-se até se atingir um valor de potencial igual a 700 V. O tempo de descarga foi utilizado para a determinação da capacidade da bateria em questão. Com os tempos de descarga encontrados, utilizou-se a equação B, uma variação da lei de Peukert, e se encontrou os valores absolutos de capacidade.

$$C = I \cdot \frac{t}{m} \quad (B)$$

Em que “C” corresponde a capacidade em m.A.h.g<sup>-1</sup> do material ativo, “I” é a corrente de descarga em mA, “t” é o tempo de descarga em horas e “m” é a massa do material precursor da placa negativa em gramas.

### 3 | RESULTADOS

#### Influência da adição de grafite na densidade e na macroporosidade médias das miniplacas

A Figura 1 mostra a variação da densidade média em relação à variação de aditivo de carbono presente na pasta.

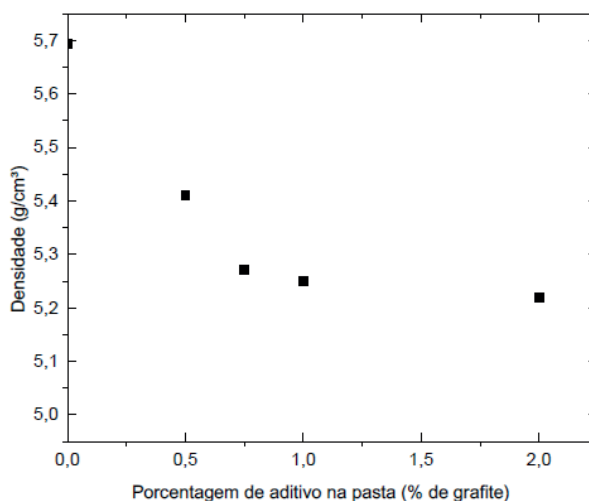


Figura 1 - Densidade média do material precursor em função das diferentes concentrações de grafite.

Fonte: os autores.

A Figura 2 mostra a variação da macroporosidade média em relação à variação de aditivo de carbono presente na pasta.

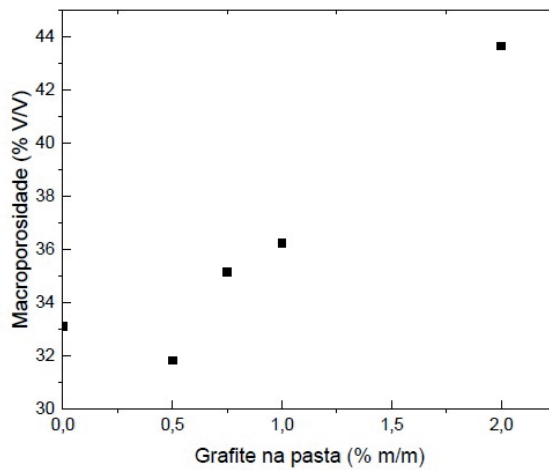


Figura 2 - Macroporosidade em função da porcentagem de grafite adicionada à pasta.

Fonte: os autores.

### Efeito da adição de grafite na capacidade das placas negativas

Aplicando a lei de Peukert, dada pela equação (B), em diferentes testes, foi possível encontrar a corrente para um tempo de descarga próximo a 20 horas. Isso porque, nessas condições, a corrente se dá apenas pelas reações eletroquímicas, não havendo contribuição em termos de transporte, como difusão, migração e convecção. A corrente encontrada foi de 13mA e essa foi aplicada para todos os lotes. O comportamento do potencial da placa negativa com um eletrodo de referência de mercúrio/ sulfato mercurioso em solução de 4,6M, é descrito pelo gráfico da Figura 3.

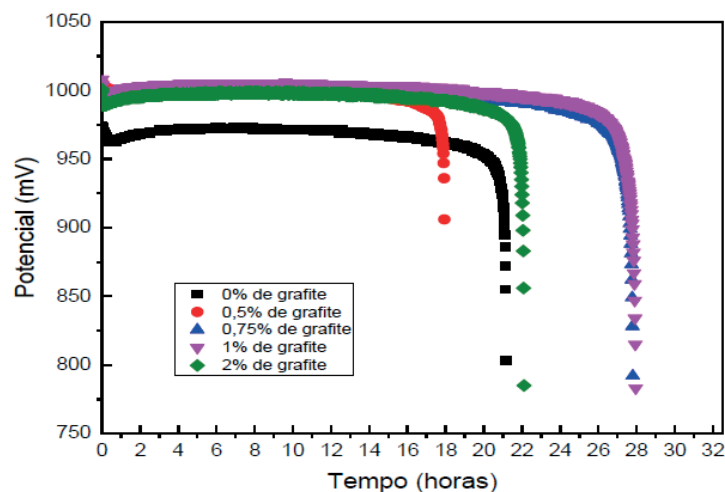


Figura 3 - Variação de descarga com o tempo para os lotes de 0%, 0,5%, 0,75%, 1,0% e 2,0%.

Fonte: os autores.

### Medidas de capacidade

O comportamento dos valores de capacidade média de ambos os lotes pode ser observado na Figura 4.

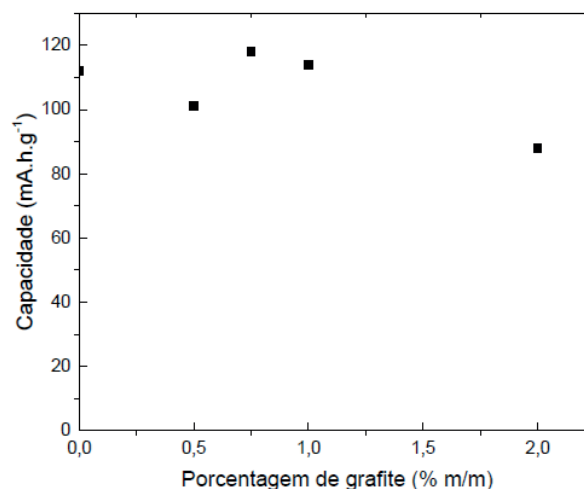


Figura 4 - Capacidade das placas negativas nas diferentes concentrações de grafite.

Fonte: os autores.

## 4 | DISCUSSÃO

### Influência do aditivo de carbono na densidade e macroporosidade médias das miniplacas

Da Figura 1 tem-se que a densidade do material decai com o acréscimo de grafite no material precursor. Uma explicação para esse fato é que a densidade do material precursor depende dos seus 3 constituintes: a água (1 g/cm<sup>3</sup>), o óxido de chumbo (9,53 g/cm<sup>3</sup>) e o grafite (0,20 g/cm<sup>3</sup>). Assim sendo, com o aumento da porcentagem de grafite na pasta, a contribuição do grafite para a densidade da mistura é maior.

De acordo com a Figura 2, os valores de macroporosidade, com exceção das placas com porcentagem de 0,5% de aditivo de carbono, são crescentes conforme aumento da porcentagem de aditivo. Alguns fatores podem explicar o valor abaixo de macroporosidade das placas com 0,5% de aditivo em relação às placas com 0%. São eles: O empaste ter-se realizado com pessoas diferentes pode ter influenciado a formação dos poros pela diferença de pressão aplicada (portanto, diferentes quantidades de água podem ter saído da pasta), além do mais, como a pressão é manualmente aplicada, a força provavelmente não foi sempre a mesma; a presença de aditivo de carbono, que pode influenciar na estrutura do material; o processo de cura, devida à variação de temperatura e umidade poder ter gerado menos poros nas placas com 0,5% de aditivo, visto que o controle desses parâmetros é de difícil alcance; o papel umedecido utilizado no empaste, colocado entre a madeira e a placa, que evita a perda da pasta por sua aderência na madeira, poder ter sido menos umedecido em relação aos papéis utilizados nos demais lotes, visto que esse processo é feito manualmente.

Efeito da adição de grafite na capacidade das placas negativas

Pela Figura 3 pode-se observar que o maior tempo de descarga ocorreu na

placa do lote de 1%, e, ainda, o lote de 0,5% deteve o menor tempo de descarga. Ainda que a variação temporal do potencial de descarga demonstre uma influência da densidade e da macroporosidade das placas no processo de descarga, uma análise mais elaborada pode ser obtida através do comportamento dos valores de capacidade de ambos os lotes fornecidos pela Figura 4: O comportamento da capacidade das placas em função da adição de grafite é caracterizado por um alto valor de capacidade nas placas de 0,75% e 1%, obtendo aquele primeiro o maior valor. Uma explicação para esse aumento é o fato de que o grafite aumenta a condutividade do material ativo da placa negativa, além de facilitar a formação de pequenas partículas de sulfato de chumbo isoladas, que são fáceis de dissolver. E ainda, a ligação chumbo carbono formada facilita a difusão de ácido sulfúrico, tendo em vista a maior formação de macroporos das placas (PAVLOV, 2011).

Da Figura 4 também é possível observar que há um decréscimo de capacidade quando a placa é composta por 2% de grafite. Uma interpretação para esse comportamento pode ser dada pelo fato de uma quantidade elevada de partículas de grafite no material ocasionar um menor contato das moléculas de chumbo com a solução de ácido sulfúrico, reduzindo a velocidade de reação. Além disso, a composição do grafite possui uma porcentagem de impurezas e cinzas (aproximadamente 1%). Tais componentes, em maior proporção, também reduzem a velocidade de reação e/ou favorecem reações paralelas.

Por fim, a Figura 4 também expõe um valor de capacidade menor da placa do lote de 0,5% em comparação com o valor das capacidades medidas para as placas de 0%, 0,75% e 1%. Tal comportamento deve-se, principalmente, a uma menor porcentagem de macroporos, o que diminui a penetração de ácido sulfúrico e a movimentação dos íons no interior da placa, influenciando diretamente na capacidade do material ativo da placa negativa.

## 5 | CONCLUSÃO

Os resultados revelaram que a adição do grafite Micrograf 9930MA na pasta da placa negativa causou um aumento de macroporosidade (exceto no lote de 0,5%).

Os valores de capacidade das placas negativas dos lotes de 0,75% e 1% sofreram um aumento em comparação ao lote de 0%. Os lotes de 0,5% e 2% apresentaram valores inferiores de capacidade em comparação aos demais. Para os lotes de 0,5% o principal fator se deve a baixa macroporosidade atingida. Para o lote de 2%, fatores como a composição do aditivo e a alta quantidade de partículas de aditivo podem ter sido relevantes para esse decréscimo.

A influência do aditivo de grafite Micrograf 9930MA na capacidade das placas de baterias chumbo-ácido, apesar de proporcionar um aumento de capacidade em alguns lotes, promoveu um aumento relativamente baixo comparado a resultados obtidos por outros aditivos encontrados na literatura (PAVLOV, 2011).



## REFERÊNCIAS

TSURUMAKI, M. **Evolução da bateria chumbo-ácido para novas demandas automotivas.** In: 6º COLLOQUIUM SAE BRASIL DE ELETROELETRÔNICA EMBARCADA E MOSTRA DE ENGENHARIA. 2017, Rio de Janeiro: SAE BRASIL, 2017. p. 2-16.

PAVLOV, D. **Lead Acid Batteries: Science and technology**, (1st ed.), England, Elsevier 2011.

BODE, H. **Lead-Acid Batteries.** New York: John Wiley & Sons, 1977. p. 204-282.

WILSON, M. A.; CARTER, M. A.; HOFF, W. D. **British Standard and RILEM water absorption tests: A critical evaluation.** Materials and Structures, Vol. 32, p. 571 - 578, 1999.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-194-7

