

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 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 Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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 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
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

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.515210610>

1. Engenharia de Materiais. 2. Metalúrgica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título. CDD 669

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.

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

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.

Boa leitura a todos.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Vinícius Pereira Bacurau
Ana Larissa Soares Cruz
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Ermeson David dos Santos Silva
Thalia Delmondes de Souza
Leonardo Alves Pinto
Edvânia Trajano Teófilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106101>

CAPÍTULO 2..... 18

ESTUDO DA INFLUENCIA DA ADIÇÃO DO WC NANOESTRUTURADO NAS PROPRIEDADES DO AÇO MA957

Kívia Fabiana Galvão de Araújo
Maria José Santos Lima
Fernando Erick Santos da Silva
Cléber da Silva Lourenço
Uilame Umbelino Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106102>

CAPÍTULO 3..... 30

CARACTERIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DEFORMADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DA ÁREA NUCLEAR

Jamil Martins Guimarães Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106103>

CAPÍTULO 4..... 38

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Juan José Arenas Romero
Jesús García Lira
Martín Castillo Sánchez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106104>

CAPÍTULO 5..... 45

IMPACT OF ZINC CONCENTRATION AND pH IN THE ELECTROPLATING PROCESS IN AN ACID SULFATE-BASED SOLUTION

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Pedro Manoel Silveira Campos
Tácia Costa Veloso
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106105>

CAPÍTULO 6	56
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL	
Marta Alves Marques	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106	
CAPÍTULO 7	78
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE ARTIGOS CIENTÍFICOS E POLÍTICAS NACIONAIS NO ÚLTIMO QUINQUÊNIO	
Mariana Cordeiro Magalhães	
Fernanda Nadier Cavalcanti Reis	
Peolla Paula Stein	
Tatiane Benvenuti	
Tácia Costa Veloso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107	
CAPÍTULO 8	84
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS	
Márcio Roberto da Silva Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108	
CAPÍTULO 9	94
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO	
Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109	
CAPÍTULO 10	106
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS	
Myrelle Pinheiro e Silva	
Maria Letícia Ferreira da Silva	
Daniele Gomes Carvalho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010	
CAPÍTULO 11	132
AVALIAÇÃO DA BORRACHA NATURAL EPOXIDADA COMO UM POSSÍVEL MATERIAL AUTORREPARÁVEL	
Duane da Silva Moraes	
Helena Mesquita Biz	
Tatiana Louise Avila de Campos Rocha	
Cristiane Krause Santin	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011	

CAPÍTULO 12..... 149

LAJOTAS DE PISO TÁTIL PREPARADAS COM ADIÇÃO DE *FLAKES* DE POLIESTIRENO RECICLADO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA

Debora Scopel
Mateus Vosgnach
Vinicio Ceconello
Ana Maria Coulon Grisa
Edson L. Francischetti
Mara Zeni Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061012>

CAPÍTULO 13..... 159

ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA

Claudia Veronica Reyes Guzman
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
Manuel García Yregoi
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Rey García Canales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061013>

CAPÍTULO 14..... 170

ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

Claudia Veronica Reyes Guzmán
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
María Gloria Rosales Sosa
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Enrique Barajas Castillo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061014>

CAPÍTULO 15..... 180

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR

Amanda Eliza Goulart Gadelha
Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa
Albaniza Alves Tavares
Rossembérg Cardoso Barbosa
Maria Dennise Medeiros Macêdo

Thiago Cajú Pedrosa
Ana Caroline Santana de Azevedo
Fernando Melo Gadelha
Kleilton Oliveira Santos
Marcus Vinícius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061015>

CAPÍTULO 16..... 194

META-ARAMIDAS: DE UMA PERSPECTIVA DE PROTEÇÃO PESSOAL A UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL

Natália de Oliveira Fonseca
Íris Oliveira da Silva
Francisco Claudivan da Silva
Késia Karina de Oliveira Souto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061016>

CAPÍTULO 17..... 205

USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA

Késsia de Almeida Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061017>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 06/07/2021

Márcio Roberto da Silva Oliveira

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia –
FACET, Dourados – MS.
<http://lattes.cnpq.br/0813392572852313>

RESUMO: Janelas ou Vidros Inteligentes são dispositivos em janelas ou painéis com capacidade de manipular a transmissão, reflexão ou absorção de luz em função de uma tensão elétrica, luminosidade ou calor aplicados. Geralmente, os materiais destes dispositivos mudam, seletivamente, de translúcido para transparente, permitindo (des) bloquear a luz. As tecnologias das Janelas Inteligentes incluem cristais líquidos; materiais: eletrocromico, fotocromicos, termocromicos; partículas suspensas, entre outras. O objetivo desta apresentação é discutir o potencial de matrizes poliméricas naturais como o amido e a gelatina de origem animal para a produção do efeito eletrocromico, permitindo a construção de janelas inteligentes de baixíssimo custo. Aqui apresentarei experimentos referentes a manufatura de janelas inteligentes produzidas com bases em eletrólitos de amido e gelatina, nas quais foram inseridos íons de metais visando sua aplicação como eletrólito sólido de dispositivos eletrocromicos. Nos estudos foram utilizadas as técnicas de voltametria cíclica,

cronoamperometria, análise cromogênica, termogravimetria, termogravimetria derivada e calorimetria exploratória diferencial. Estes sistemas, baseado em sais de metais em meio de amido e gelatina, apresentaram elevada variação de absorbância e completa reversibilidade óptica. **PALAVRAS - CHAVE:** Eletrocromismo, Eletrodeposição reversível, Polímeros Naturais.

PRODUCTION OF SMART WINDOWS BASED ON NATURAL POLYMERS

ABSTRACT: Smart Windows or Smart Glasses are devices in windows or panels capable of manipulating the transmission, reflection or absorption of light as a function of an electrical voltage, luminosity or applied heat. Generally, the materials of these devices selectively change from translucent to transparent, allowing to (de)block light. Smart Window technologies include liquid crystals; materials: electrochromic, photochromic, thermochromic; suspended particles, among others. The objective of this work is to discuss the potential of natural polymeric matrices such as starch and gelatin of animal origin for the production of the electrochromic effect, allowing the construction of very low cost smart windows. Here I will present experiments related to the manufacture of smart windows produced with bases on starch and gelatin electrolytes, in which metal ions were inserted aiming their application as solid electrolyte of electrochromic devices. In the studies, the techniques of cyclic voltammetry, chronoamperometry, chromogenic analysis, thermogravimetry, derivative thermogravimetry and differential scanning calorimetry were used.

These systems, based on metal salts in starch and gelatin medium, showed a high absorbance variation and complete optical reversibility.

KEYWORDS: Electrochromism, Reversible Electrodeposition, Natural Polymers.

1 | INTRODUÇÃO

Dispositivos eletrocromicos promissores vem sendo desenvolvidos recentemente com base na deposição–dissolução reversível de metais. Estes dispositivos contêm o material eletrocromico dissolvido no eletrólito e um filme fino de metal é formado sobre um substrato transparente (geralmente de ITO ou FTO) por passagem de corrente elétrica .

Usando a palavra-chave “reversible electrodeposition” foram encontradas 34 publicações no *Science Finder Scholar* em julho de 2021, como mostra a Figura 1.

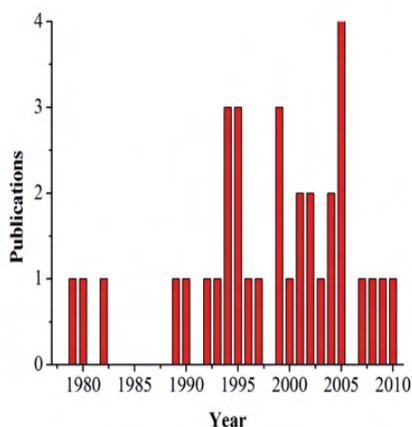


Figura 1. Evolução histórica de publicações na área de “eletrodeposição reversível”.

Nota-se que a partir da década de 90 o número de publicações na área aumentou consideravelmente.

Os materiais de eletrodeposição reversível efetuam uma mudança de cor através da deposição e/ou dissolução de filmes finos em um substrato condutor transparente. Isto acontece quando se aplica entre o vidro condutor e o contra-eletrodo uma diferença de potencial suficiente para que aconteça a redução/oxidação do material eletrocromico. Exemplos destes materiais são o cobre, bismuto, chumbo, níquel, a prata e os viológenos .

Um dispositivo eletrocromico de eletrodeposição reversível é constituído, basicamente, por um par de eletrodos com o material eletrocromico dissolvido em um eletrólito encaixado entre eles, como mostra a Figura 2.

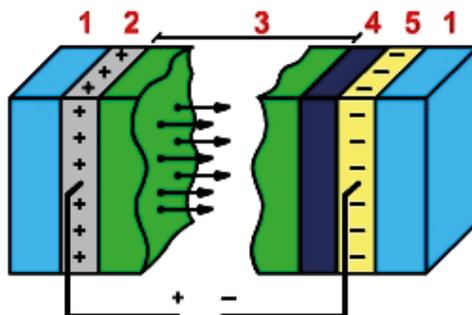


Figura 2. Representação esquemática de dispositivo para o sistema de eletrodeposição reversível: (1) vidro; (2) contra-eletródo; (3) eletrólito; (4) material eletrocromico eletrodeposicionado; (5) condutor transparente (ITO).

Algumas propriedades do eletrólito, tal como a sua resistência elétrica, têm grande interferência na eficiência do dispositivo. Quando usados em capacitores, baterias e dispositivos eletrocromicos, os eletrólitos poliméricos devem possuir boa condutividade iônica ($10^{-5} \text{ S.cm}^{-1}$) para que o processo de carga e descarga aconteça com a maior eficiência possível, ou seja, com o menor consumo de energia possível. Além disso, um eletrólito polimérico deve apresentar boa estabilidade mecânica, uma vez que ele também deve agir como separador e isolante entre o ânodo e cátodo. No caso dos dispositivos eletrocromicos o eletrólito também deve ser opticamente transparente.

2 | ELETRÓLITOS DE POLÍMEROS NATURAIS

Inspirados nas vantagens dos eletrólitos poliméricos em 2010 Oliveira e colaboradores obtiveram sucesso no desenvolvimento de um novo eletrólito sólido para aplicações em dispositivos eletrocromicos de eletrodeposição reversível. A base desta matriz é o PEO (poli-óxido de etileno), um meio gelificado no qual foi utilizada a prata como material eletrocromico. Nos trabalhos seguintes do grupo de estudo, resultados promissores foram obtido por meio da aplicação de metais como prata e cobre em polímeros naturais.

O cobre é um material que geralmente é utilizado apenas como aditivo em dispositivos eletrocromicos de eletrodeposição reversível. A utilização do cobre como material eletrocromico em dispositivos de inserção de íons foi estudada por Richardson et. al. Embora trata-se de um sistema de inserção de íons, estes autores propuseram um novo dispositivo eletrocromico por coloração catódica, o qual combina um estado metálico altamente reflexivo com um estado altamente transparente.

Além disso, o mesmo filme de Cu_2O transforma-se reversivelmente no óxido de cobre (II) preto quando ciclado em potenciais mais anódicos.

A partir destas propriedades os autores obtiveram em seus experimentos uma variação de transmitância de 85% (óxido de cobre) para 10% (cobre metálico), com uma

eficiência de coloração em torno de $32 \text{ cm}^2/\text{C}$. No entanto, a ciclabilidade do dispositivo foi relativamente pequena, isto é, entre 20 e 100 ciclos, uma vez que após alguns processos de deposição/dissolução acontece uma gradual degradação entre o filme e o contato elétrico devido à conversão de 65% do volume de Cu para Cu_2O .

Em um trabalho posterior verificou-se que o cobre metálico exibe uma elevada reflectância na região do infravermelho próximo (embora seja bem menos reflexivo em comprimentos de onda menores do que 600 nm) e que o Cu_2O apresenta baixa reflectância tanto na região do espectro de luz visível quanto do infravermelho próximo. Estas características transformam o par cobre-óxido de cobre (I) atrativo para utilização em aplicações arquitetônicas onde a alta reflectância no visível pode ser indesejável, mas onde a elevada modulação na reflectância e transmitância da luz infravermelha (com variação acima de 40%) podem conduzir a uma economia de energia significativa em locais equipados com condicionadores de ar. O tempo de resposta de escurecimento/clareamento deste dispositivo foi da ordem de 40s. Um valor adequado para uma aplicação arquitetônica, por exemplo. Já para uma aplicação em espelhos retrovisores ou televisores este tempo de resposta deveria ser melhorado consideravelmente.

Em 1991 B. Warszawski apresentou uma nova tecnologia baseada na eletrodeposição reversível de bismuto. Esta tecnologia é baseada em um processo eletroquímico e é capaz de produzir elevados contrastes de imagens através da deposição de um filme fino de bismuto, seguido pela oxidação dos íons de bismuto no sentido do filme para a solução.

Desde então vem sendo realizados inúmeros trabalhos utilizando este arranjo experimental, dos quais destacamos abaixo os principais:

Em 2003 um polímero derivado de uma proteína de origem animal (gelatina comercial incolor Oetker®) foi utilizado pela primeira vez na confecção de gel eletrolítico para aplicação em dispositivos eletrocromáticos. Esta gelatina foi escolhida para formar o sistema gelificado pela sua capacidade de preparar soluções transparentes com alta viscosidade, baixo custo (uma vez que é um material utilizado na indústria alimentícia) e ausência de toxicidade. A Figura 3 mostra um desenho esquemático do dispositivo desenvolvido para este estudo:

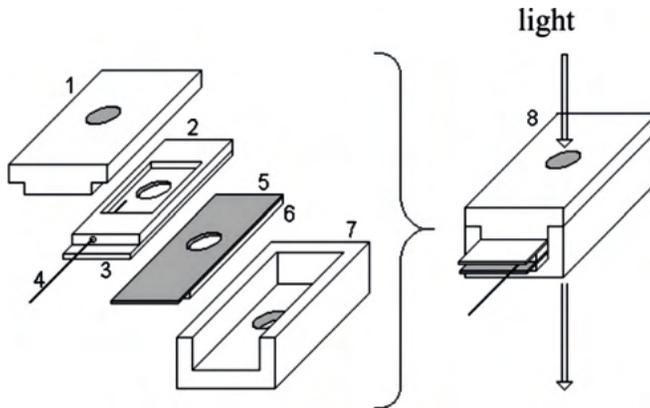


Figura 3. Basic design of electrochromic device: (1) Teflon lid; (2) Teflon spacer; (3) working electrode (ITO); (4) reference electrode (Ag/AgCl); (5) counter electrode (platinum sheet); (6) glass window; (7) Teflon box; (8) Assembled electrochromic device.

Neste trabalho verificou-se que o bismuto em meio gelificado não apresenta reversibilidade óptica, porém uma ampla variação de transmitância e reversibilidade óptica foi observada quando Cu^{2+} foi adicionado ao eletrólito. Em um estudo publicado recentemente este sistema apresentou aumento considerável na variação de transmitância e manutenção da completa reversibilidade óptica a partir de reações de entrecruzamento com glicerol e formaldeído com a vantagem de utilizar a mesma janela de potencial.

Na figura 4 é apresentado fotografias do dispositivo construído tendo duas placas de vidro revestidas com ITO e eletrólito no meio.



Figura 4: Coloração do dispositivo com o Gelatina e nos estados: Escuro e Claro.

Um estudo da condutividade iônica da gelatina com cobre foi realizado por, Alves em 2012, através de espectroscopia de impedância eletroquímica (ver figura 5). A microscopia eletrônica de varredura da gelatina indicou também uma morfologia superficial uniforme do eletrólito.

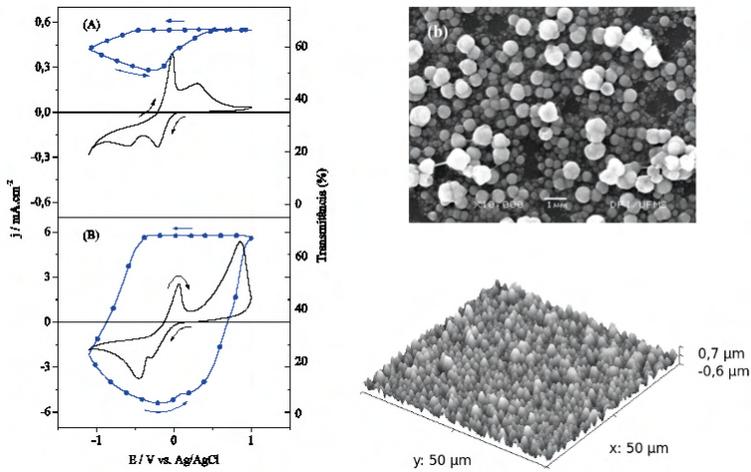


Figura 5: Voltamograma, MEV e AFM do Sistema Electrocrômico Cobre-Gelatina.

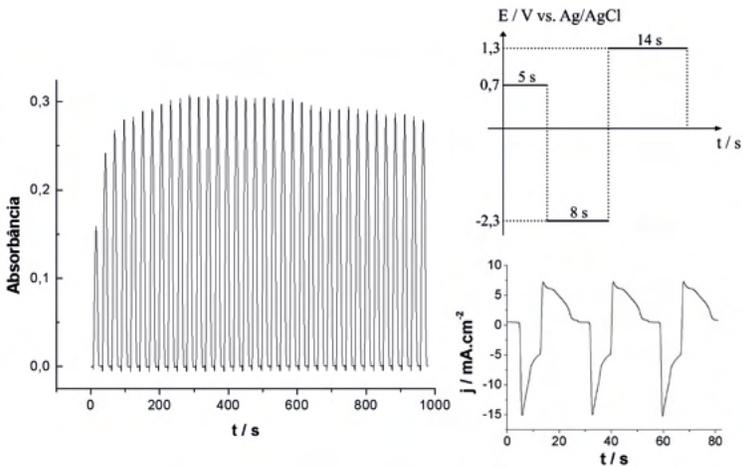


Figura 6: (a) Variação de absorbância medida simultaneamente com a cronoamperometria do eletrólito Cu50; (b) rampas de potencial utilizadas; (c) respostas da densidade de corrente em função do tempo para os três últimos ciclos.

Variação de absorbância, isto é o grau de escurecimento e clareamento do dispositivo é melhor apreciado pela experimento de cronoamperometria, como no caso da figura 6, mostra uma sequencia de acionamento de desligamento do dispositivo. A figura 6 apresenta também o perfil de acionamento elétrico pelo diagrama de rampas de potencial utilizadas além da densidades de corrente correspondente ao volume de energia necessário para realizar os ciclos. Mostra que, é necessário uma tensão elétrica relativamente baixa para

produzir o acionamento desse tipo de dispositivo.

Um dispositivo electrocrômico com base em amido foi preparado com sucesso por Guerreiro F. Costa em 2006 com a seguinte configuração: vidro/FTO/ NiOx(1C) / amido-KOH/CeO2-TiO2(1C)/FTO/vidro.

Para a preparação do eletrólito à base de amido, foi utilizado hidróxido de potássio contendo NiOx como material electrocrômico, CeO2-TiO2 como contra-eletrodo e um eletrólito na forma de gel composto por amido e KOH. O dispositivo se apresentou bastante robusto com ciclos de 3000 ou mais apresetou uma variação na transmitância de aproximadamente 24% em 550 nm.

A melhor concentração do plastificantes para se obter maior condutividade iônica dos filmes com amido foi obtido para o filme com 25% de glicerina e 35% de KOH, $4,92 \times 10^{-5} \text{ S.cm}^{-1}$ a 30°C . Os espectros de transmissão obtidos para os filmes de amido, glicerol e hidróxido de potássio, mostraram que estes possuem uma transparência satisfatória na região do visível, aproximadamente 50%.

Esses resultados mostram que esses filmes possivelmente poderão ser usados em dispositivos electrocrômicos contendo NiOx como electrocromo como pode ser verificado pela curva de transmissão em figura 7.

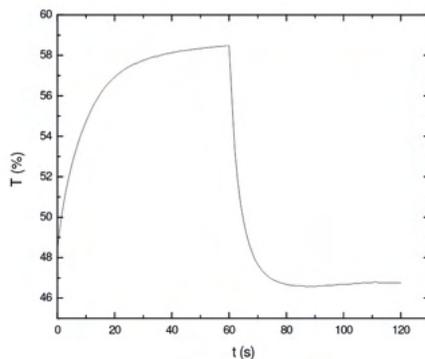


Figura 7: Transmitância em função do tempo para $\lambda = 550 \text{ nm}$ do dispositivo contendo amido.

Além desses, dentre os vários tipos de eletrólitos sólidos poliméricos encontram-se os materiais baseados em precursores polissacarídicos, como os derivados de celulose, amido, quitosana e borracha natural.

De forma geral, polímeros naturais, como é o caso de polissacarídeos, possuem na sua estrutura átomos com pares de elétrons livres, no caso oxigênio, que possibilitam a interação com alguns sais inorgânicos o que os tornam candidatos promissores para aplicação em materiais de preenchimento de dispositivos e baterias.

Em resumo, a obtenção de um eletrólito polimérico natural do estado sólido (gelificado) é alcançado com amido ou gelatina de modo eficaz. A facilita a montagem e o

baixo custo são importantes atrativos para essas aplicações e, principalmente, a produção de materiais menos agressivos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. de Oliveira, S.C., R.M. Torresi, and S.I.C. de Torresi, *A view of tendencies and perspectives in electrochromism: Searching for new materials and more simple designs*. *Química Nova*, 2000. **23**(1): p. 79-87.
2. Ziegler, J.P. and B.M. Howard, *Applications of reversible electrodeposition electrochromic devices*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 1995. **39**(2-4): p. 317-331.
3. Ziegler, J.P., *Status of reversible electrodeposition electrochromic devices*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 1999. **56**(3-4): p. 477-493.
4. Mantell, J. and S. Zaromb, *Inert Electrode Behavior of Tin Oxide-Coated Glass on Repeated Plating-Depositing Cycling in Concentrated NaI-AgI Solutions*. *Journal of The Electrochemical Society*, 1962. **109**(10): p. 992-993.
5. Zaromb, S., *Theory and Design Principles of the Reversible Electroplating Light Modulator*. *Journal of The Electrochemical Society*, 1962. **109**(10): p. 903-912.
6. Zaromb, S., *Geometric Requirements for Uniform Current Densities at Surface-Conductive Insulators or Resistive Electrodes*. *Journal of The Electrochemical Society*, 1962. **109**(10): p. 912-918.
7. Camlibel, I., et al., *An experimental display structure based on reversible electrodeposition*. *Applied Physics Letters*, 1978. **33**(9): p. 793-794.
8. Stocker, H.J., et al., *An SEM Study of the Nature of the Electrochemical Deposit in Reversible Electrodeposition Displays*. *Journal of The Electrochemical Society*, 1981. **128**(4): p. 746-748.
9. Itaya, K., I. Uchida, and V.D. Neff, *Electrochemistry of polynuclear transition metal cyanides: Prussian blue and its analogues*. *Accounts of Chemical Research*, 1986. **19**(6): p. 162-168.
10. Kulesza, P.J. and Z. Galus, *Polynuclear transition metal hexacyanoferrate films: In-situ electrochemical determination of their composition*. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1989. **267**(1-2): p. 117-127.
11. Carriere, D., et al., *A reversible inorganic electrochromic solution system*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2000. **62**(4): p. 431-439.
12. Laik, B., D. Carrière, and J.-M. Tarascon, *Reversible electrochromic system based on aqueous solution containing silver*. *Electrochimica Acta*, 2001. **46**(13-14): p. 2203-2209.
13. Junior, A.M., H.P.M.d. Oliveira, and M.H. Gehlen, *Preparation of silver nanoprisms using poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) as a colloid-stabilizing agent and the effect of silver nanoparticles on the photophysical properties of cationic dyes*. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2003. **2**: p. 921-925.

14. Oliveira, M.R.S., et al., *KI effects on the reversible electrodeposition of silver on poly(ethylene oxide) for application in electrochromic devices*. *Electrochimica Acta*, 2010. **55**: p. 3756–3765.
15. MacCallum, J.R. and C.A. Vincent, *Polymer electrolyte reviews*. Vol. 1. 1987, London: Elsevier Applied Science. 351.
16. Chen, H.-W., et al., *Solid-state electrolyte nanocomposites based on poly(ethylene oxide), poly(oxypropylene) diamine, mineral clay and lithium perchlorate*. *Polymer*, 2002. **43**(18): p. 5011-5016.
17. Kuo, S.-W., C.-L. Lin, and F.-C. Chang, *Phase Behavior and Hydrogen Bonding in Ternary Polymer Blends of Phenolic Resin/Poly(ethylene oxide)/Poly(ϵ -caprolactone)*. *Macromolecules*, 2001. **35**(1): p. 278-285.
18. Murata, K., S. Izuchi, and Y. Yoshihisa, *An overview of the research and development of solid polymer electrolyte batteries*. *Electrochimica Acta*, 2000. **45**(8-9): p. 1501-1508.
19. Dai, Y., et al., *Electrical, thermal and NMR investigation of composite solid electrolytes based on PEO, Lil and high surface area inorganic oxides* *Electrochimica Acta*, 1998. **43**(10-11): p. 1557-1561.
20. Chintapalli, S. and R. Frech, *Effect of Plasticizers on Ionic Association and Conductivity in the (PEO)₉LiCF₃SO₃ System*. *Macromolecules*, 1996. **29**(10): p. 3499-3506.
21. Li, J. and I.M. Khan, *Highly conductive solid polymer electrolytes prepared by blending high molecular weight poly(ethylene oxide), poly(2- or 4-vinylpyridine), and lithium perchlorate*. *Macromolecules*, 1993. **26**(17): p. 4544–4550.
22. Poinsignon, C., *Polymer electrolytes*. *Materials Science and Engineering: B*, 1989. **3**(1-2): p. 31-37.
23. Berthier, C., et al., *Microscopic investigation of ionic conductivity in alkali metal salts-poly(ethylene oxide) adducts*. *Solid State Ionics*, 1983. **11**(1): p. 91-95.
24. Richardson, T.J., J.L. Slack, and M.D. Rubin, *Electrochromism in copper oxide thin films*. *Electrochimica Acta*, 2001. **46**(13-14): p. 2281-2284.
25. Richardson, T.J., *New electrochromic mirror systems*. *Solid State Ionics*, 2003. **165**(1-4): p. 305-308.
26. Herlem, M., et al., *Liquid ammoniates: nonaqueous electrolytes for electrochromism*. *Electrochimica Acta*, 2001. **46**: p. 2967–2973.
27. Warszawski, B., *Material for light modulation and manufacturing processes*. 1991, Alpine Polyvision, Inc. (Hackensack, NJ): United States.
28. Warszawski, B., *Light Modulating Cell*. 1990, Alpine Polyvision, Inc.: United States.
29. Howard, B.M. and J.P. Ziegler, *Optical properties of reversible electrodeposition electrochromic materials*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 1995. **39**(2-4): p. 309-316.
30. Torresi, S.I.C.d. and I.A. Carlos, *Optical characterization of bismuth reversible electrodeposition*. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1996. **414**(1): p. 11-16.

31. de Oliveira, S.C., et al., *An organic aqueous gel as electrolyte for application in electrochromic devices based in bismuth electrodeposition*. Journal of the Electrochemical Society, 2003. **150**(11): p. E578-E582.
32. de Oliveira, S.C., et al., *Improvement of thermal stability of an organic-aqueous gel electrolyte for bismuth electrodeposition devices*. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2005. **85**(4): p. 489-497.
33. Vieira, D.F., C.O. Avellaneda, and A. Pawlicka, *Conductivity study of a gelatin-based polymer electrolyte*. Electrochimica Acta, 2007. **53**(4): p. 1404-1408.
34. Imamura, A., et al., *Bi-based electrochromic cell with mediator for white/black imaging*. Solar Energy Materials & Solar Cells, 2009. **93**(12): p. 2079–2082.
35. Nakashima, M., et al., *Bismuth Electrochromic Device with High Paper-Like Quality and High Performances*. Applied Materials and Interfaces, 2010. **2**(5): p. 1471–1482.
36. Mascaro, L.H., E.K. Kaibara, and L.O. Bulhoes, *An electrochromic system based on the reversible electrodeposition of lead*. Journal of the Electrochemical Society, 1997. **144**(10): p. L273-L274.
37. Bulhoes, L.O.S. and L.H. Mascaro, *Electrochemical nucleation of lead and copper on indium-tin oxide electrodes*. Journal of Solid State Electrochemistry, 2004. **8**(4): p. 238-243.
38. Avellaneda, C.O., et al., *Electrodeposition of lead on ITO electrode: influence of copper as an additive*. Electrochimica Acta, 2005. **50**(6): p. 1317-1321.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço MA957 4, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

Adsorción 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

Alumínio 4, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 95, 141

Argamassa 6, 112, 149, 150, 156, 157, 158

Austenita 30, 31, 36

Autorreparação 132, 133, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

Borracha 5, 90, 106, 108, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 140, 147

C

Cascara 6, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Cianuro 6, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178

Combustível nuclear 30

Compressão 30, 31, 33, 36, 40, 41, 96, 106, 108, 112, 113, 119, 121, 124, 125, 128, 129, 149, 150, 151, 154, 155, 158

Concreto 5, 100, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 150, 157, 158

Conforto Humano 149

D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

ENR50 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

F

Fármaco 6, 180, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

G

Galena 6, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Geotêxteis 194, 201, 202

I

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

L

Lajota Piso Tátil 149

Laminação 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 69

M

Martensita 30, 31, 36

Meta-Aramidas 7, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

Morfologia do revestimento 46

P

Parâmetros operacionais 46

Poliestireno 6, 14, 15, 133, 149, 150, 156, 157, 158, 185

Polímeros 3, 5, 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 82, 84, 86, 90, 147, 158, 182, 192, 195, 196, 203

R

Resíduos 5, 78, 79, 80, 82, 83, 94, 99, 103, 106, 107, 108, 110, 116, 119, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 157

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

S

Síntese 18, 21, 158

Soldagem 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 209

Superfície ocular 6, 180, 181, 182, 190, 191, 193

Sustentabilidade 103, 104, 106, 108, 127, 149

Sustentável 80, 81, 94, 98, 99, 106, 107, 108, 116, 127, 130, 150

T

Tamarindo 6, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

Tubos de papelão 5, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105

W

WC nanoestruturado 4, 18, 20, 21, 26, 28

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br