

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

ADSORCIÓN DE CIANURO EN CARBÓN ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

Data de aceite: 01/10/2021

Claudia Veronica Reyes Guzmán

Investigadora de la Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila
ORCID 0000-0001-5470-0510

Leonor Muñoz Ramírez

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Sergio García Villarreal

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Gloria Guadalupe Treviño Vera

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Aglae Davalos Sánchez

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Gema Trinidad Ramos Escobedo

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

María Gloria Rosales Sosa

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Evelyn Rodríguez Reyna

Colaboradores en el proyecto: Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia Monclova, Coahuila

Samuel Chacón de la Rosa

Universidad Autónoma de Coahuila, Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas Independencia, Nueva Rosita, Coahuila, México

Luis Enrique Barajas Castillo

Egresado de la carrera IQMM

RESUMEN; El carbón activado (AC) se ha demostrado ser un adsorbente eficaz para la eliminación de una amplia variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de medios acuosos o gaseosos. Es ampliamente utilizado debido a su excepcional superficie (rangos de 500 a 1500 m² g⁻¹). Mientras que la eficacia de ACs para actuar como adsorbentes para una amplia gama de contaminantes está bien documentada, la investigación sobre la modificación de AC está ganando importancia debido a la necesidad de desarrollar la afinidad del AC de determinados contaminantes para facilitar su eliminación del agua. El uso de estos materiales como adsorbentes de contaminantes inorgánicos y orgánicos del agua es debido a su versatilidad única resultante de su área de superficie alta, estructura porosa, de alta capacidad de adsorción, y la naturaleza química de la superficie, que puede ser modificado adecuadamente por los tratamientos físicos y químicos para mejorar la extensión de un proceso de adsorción dado. En nuestra investigación la elaboración del carbón

activado de cáscara de tamarindo fue un factor determinante en el trabajo, pues se realizó de forma exitosa y cumplió todas las normas utilizadas por la American Society for Testing and Materials Standards (ASTM) para la determinación de la calidad en sus aplicaciones. Esto permitió una correcta adsorción del cianuro en la experimentación realizada. En otra de las caracterizaciones, realizada por la técnica de espectroscopia fotoelectrónica de rayos x (XPS), fue posible encontrar los principales grupos funcionales del carbón activado de cascara de tamarindo que interactúan con el cianuro. Estos fueron en su mayoría grupos carbonil y carboxil. Con la espectroscopia FTIR a las cuales fueron sometidas las muestras secas del carbón activado, se compararon las gráficas iniciales y posteriores al proceso, confirmando la presencia del cianuro y demostrando una adsorción exitosa del contaminante químico residual.

PALABRAS CLAVES: cianuro, tamarindo, cascara.

INTRODUCCION

Los procesos industriales de extracción y recuperación de oro por cianuración generan grandes volúmenes de soluciones y efluentes con cianuro; estos procesos son principalmente la lixiviación en montones y la lixiviación en tanques agitados, seguidos de la recuperación de oro por el proceso Merrill-Crowe o el proceso de carbón en pulpa. El proceso de cianuración consiste generalmente en la disolución de oro mediante la formación de complejos estables con cianuro.

Los efectos ambientales de la descarga de efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica se observan en el deterioro de los parámetros fisicoquímicos relacionados con la calidad del agua. El problema aumenta con la toxicidad de estos elementos. Es por ello que la descarga de efluentes se somete a estándares o límites regulados por una norma ambiental, en el caso de México, la NOM-001-ECOL-1996. Con el fin de disminuir las descargas de contaminantes al ambiente se aplican diversas tecnologías que a su vez permiten aprovechar y reutilizar estos materiales en los mismos procesos industriales que los generan. Algunos de los tratamientos más importantes industrialmente, aplicados tanto para destruir o remover el cianuro y complejos metálicos como para su recuperación, se describen brevemente a continuación.

Investigaciones recientes sobre la adsorción de iones de metales pesados u tóxicos en aguas residuales, realizadas a nivel mundial, revelan la capacidad de adsorción de diferentes biomasa residuales como la corteza del árbol del pirul, la cáscara de tamarindo, cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*), cáscara de limón (*Cítricos limonum*), cáscara de naranja (*Cítricos sinensis*), hoja de maíz, cáscara de maní, quitosano [25], desechos de tallo de uva, entre otros. Otro tipo de biosorbentes muy usados en la actualidad son microorganismos, como las algas, hongos y levaduras.

El fenómeno de adsorción se puede ver afectado de manera positiva o negativa, por ciertas variables como la temperatura, pH, tamaño de partículas o simplemente por la

presencia de otros iones. Estos parámetros pueden aumentar o disminuir la captación de los iones metálicos.

La bioadsorción es un proceso fisicoquímico que incluye los fenómenos de adsorción y absorción de moléculas e iones. Este método poco convencional busca principalmente la remoción de metales pesados en aguas residuales provenientes del sector industrial, usando como sorbente diferentes materiales de origen biológico (vivo o muerto), tales como: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas y algunos tipos de biopolímeros. Estos materiales son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza, además, su transformación a biosorbente no es un proceso costoso. El proceso de bioadsorción involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés que será adsorbida (en este caso, los iones de los metales pesados). Para que el proceso de bioadsorción se pueda realizar con éxito, debe existir una gran afinidad entre los grupos funcionales de la biomasa y el contaminante, ya que este último debe ser atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos.

Los carbones activados quizás son el primer material utilizado por el hombre y su uso data probablemente desde el mismo momento en que se comienza a utilizar el fuego; dado que los trozos de madera carbonizada que quedarían en algunas hogueras pueden considerarse un carbón vegetal rudimentario. El carbón vegetal se usa no solo de uso doméstico sino también industrial, especialmente en los países en vías de desarrollo

Son dos las características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbón activado: elevada capacidad de eliminación de sustancias y baja selectividad de retención.

La elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee. La porosidad y distribución de tamaño de poros juegan un papel importante. En general, los microporos le confieren la elevada superficie y capacidad de retención, mientras que los mesoporos y macroporos son necesarios para retener moléculas de gran tamaño, como pueden ser colorantes o coloides, y favorecer el acceso y la rápida difusión de las moléculas a la superficie interna del sólido.

Por otra parte, el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal”. No obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto volumen molecular hidrocarburos, fenoles, colorantes, mientras que sustancias como nitrógeno, oxígeno y agua prácticamente no son retenidas por el carbón a temperatura ambiente. De ahí que más de 190.000 toneladas al año de las 375.000 producidas se destinen a la eliminación de contaminantes procedentes de sectores muy variados, tanto en fase gaseosa (sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, vapores de gasolinas...) como líquida (aguas potables, industriales y residuales, tintorerías...).

El tamarindo se encuentra presente en 4 continentes y es cultivado en 54 países;

es nativo de 18 naciones y se encuentra naturalizado en 36.

El tamarindo se encuentra en 21 entidades federativas, tanto en forma silvestre como en cultivo, principalmente en las costas del Pacífico y del Golfo de México. La superficie sembrada en 2009 fue de 8599.43 hectáreas, con una producción de 38,390.07 toneladas. La importancia de México a nivel mundial es relativamente pequeña (31,795 toneladas) comparada con las 105,000 hectáreas sembradas en Tailandia, o con la producción de India de 300,000 toneladas producidas en 2005

El tamarindo generalmente comienza a producir fruta entre los 7 y los 10 años de edad (reproducción por semilla), por reproducción vegetativa produce los 3 o 4 años y la producción de vainas se estabiliza alrededor de los 15 años, su fruto es una vaina indehiscente (permanece cerrada cuando madura), oblonga o lineal algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada con una capa externa (epicarpio), café canela o café grisáceo, al madurar su capa crustácea seca y escamosa es quebradiza pudiendo persistir las vainas en el árbol por varios meses.

Los productos derivados del tamarindo tienen una gran diversidad de aplicaciones, su madera es utilizada en el medio rural para la fabricación de implementos de labranza, utensilios de cocina, leña, carbón vegetal, por sus propiedades culinarias se usa extensamente en la cocina, así como en la obtención de dulces y bebidas refrescantes, además teniendo en cuenta que la cáscara de tamarindo es un producto de desecho y de bajo costo, está puede ser empleada para remover metales contaminantes

La elección del biosorbente en estudio, se llevó a cabo bajo investigación de factibilidad considerando que fuera abundante en la naturaleza, que su costo fuera mínimo y que se encontrara de manera abundante en nuestro país. Por lo tanto, se eligió como biosorbente la *Tamarindus Indica* (cáscara de tamarindo).

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Molienda de muestras para cascara de tamarindo.

Primeramente se tomaron muestras de cascara de tamarindo, con un peso total de 10g c/u fue molida durante 30min, 1hora, 1.5horas y 2 horas a una velocidad de 20 rpm, para observar cual era el mejor tiempo de molienda, con 0.5 horas de reposo por cada hora de trabajo. Esta experimentación fue realizada con la intención de encontrar el mejor tiempo de molienda.

Los componentes y las bolas de acero se cargaron a un vial de acero inoxidable, la molienda se realizó en un molino Restch para producir polvo de las diferentes muestras a tratar, el peso total de la muestra fue 10g.

En el proceso de molienda mecánica, fue necesario considerar 0.5 horas de reposo, por cada hora de trabajo, lo cual, fue debido al calentamiento del motor del molino. Una vez obtenida una gran cantidad de polvo del producto de las moliendas mecánicas, este se

guardó en viales de vidrio con tapa para evitar cualquier contaminación.

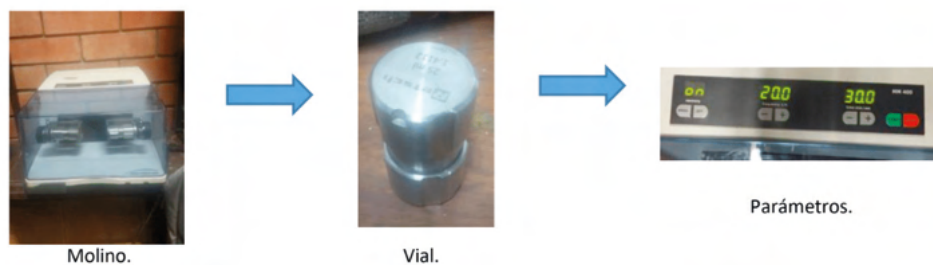


Figura 1 Molino Restch.

Adsorción de cianuro en carbón activado de cascara de tamarindo

a.- Se procedió a hacer una molienda a los carbones en un molino a 20 rpm durante 30min, 1 hora.

b.- Se procedió a preparar agua desionizada, ajustando el pH a 12.

c.- Después de ajustar el agua desionizada con un pH 12, se procedió a preparar mezclas con CN. En un vaso de precipitado de 250 ml con 100ppm de CN.



Figura 2 Adsorción de cianuro con carbón.

Los experimentos de adsorción de cianuro con carbón activado de cascara de tamarindo se llevaron a cabo en un vaso de precipitado de 600 ml donde contenía 250 ml de cianuro grado reactivo y agua desionizada, ajustando el pH a 12 con una solución de NaOH como se muestra la Figura 2. El sistema se mantuvo en agitación constante durante todo el experimento. El avance del proceso se monitoreo continuamente mediante el cambio de la concentración del cianuro. La agitación se reguló con agitador magnético colocado dentro del vaso de precipitado y accionado por medio de una parrilla de agitación magnética; el cianuro extraído del proceso, se determinó con titulación de nitrato de plata, de acuerdo con el método APHA-AWWA 4500-CN D.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del carbón activado antes de la adsorción.

Las normas de la American Society for Testing and Materials Standards (ASTM) establecen pruebas estándar necesarias para establecer la calidad del carbón obtenido, entre ellas están: el porcentaje de humedad, materia volátil, cenizas, carbón fijo, y la resistencia a la abrasión. Para la caracterización de la estructura porosa del carbón activado, se suelen utilizar algunas técnicas sencillas como el índice de yodo ya que los carbones son productos de muy alta capacidad para retener contaminantes de diversos fluidos. En la Tabla I se muestra la caracterización del carbón activado después del tratamiento físico.

Datos técnicos	Valor	Norma que cumple
Número de yodo	700 mg L/g	ASTM D-4607
Dureza	90 Adimensional	ASTM D-3802
Cenizas totales	8%	ASTM D-2866
Densidad aparente	0.55 g/cm ³	ASTM D-2854
Humedad total	4% Máx.	ASTM D-2867
Azufre	0.187	D 4239-05
Poder calorífico	6836.3	D 5865-4

Tabla I. Análisis del carbón

El área superficial de los carbones usados en la investigación están en el rango típico de los carbones activados de 500 a 1500 m²/g por esta razón se considera con el potencial adecuado para usarlo como adsorbente o bien como precursor de adsorbentes modificados y aplicarlo a la remoción de contaminantes orgánicos o inorgánicos disueltos en medios acuosos.

En la Figura 3 se muestra un barrido completo de la muestra de carbón activado elaborado con cascara de tamarindo utilizada en la molienda de 1 hora a 100 ppm de cianuro, se puede observar los picos característicos de O1S (525-545) y C1S (280-295).

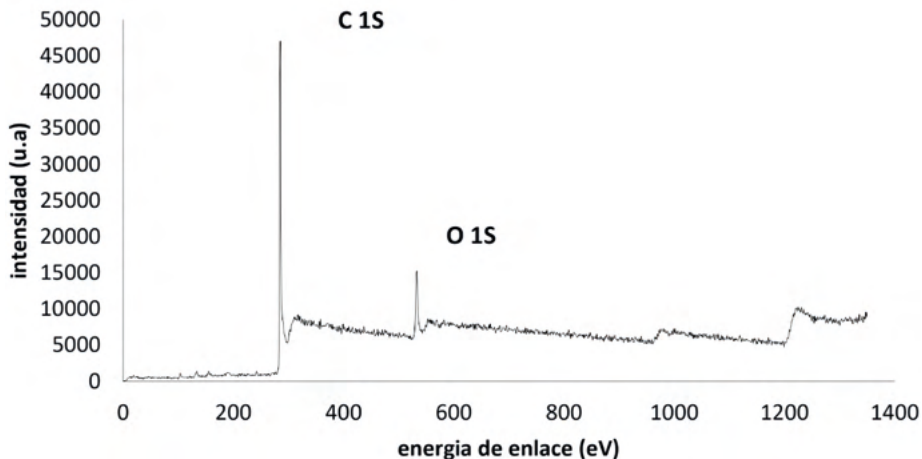


Figura 3 Carbón activado de cascara de tamarindo con una molienda de 1 hora para la adsorción de cianuro a 100 ppm.

Se realizó una deconvolucion de la Figura anterior para C1S dando como resultado la siguiente Figura 4, se observan los picos de diferentes grupos funcionales en los cuales se encuentra enlazado el cianuro al carbón. El pico presente a 288.7 eV, es el pico característico del carbón. Junto a este pico aparecen otros dos pequeños, los cuales son distintos grupos funcionales del carbón, que se encuentran interactuando con el cianuro:

- (1) a 288.7 eV tenemos (-C=N, -N=C-O-, COOC-).
- (2) a 289.3 eV (-COOH) acido carboxilo.
- (3) a 291.0 eV tenemos quinona carbonilo (C=O).

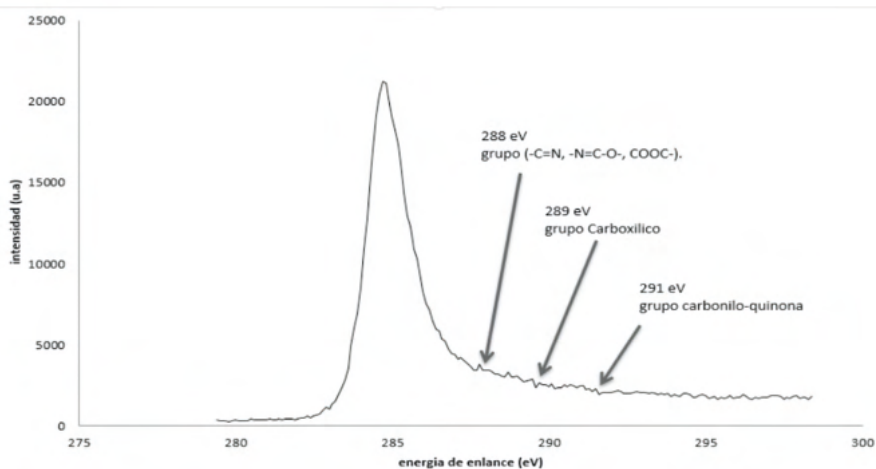


Figura 4 Espectro de la muestra de carbón cascara de tamarindo C1s, 100 ppm de cianuro.

En la espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier en las muestras de tamarindo podemos notar la presencia de los grupos funcionales encargados de la adsorción de cianuro en la superficie de este

El pico ubicado a una longitud de 899 cm^{-1} puede atribuirse a una extensión del enlace tipo C-C. (Kaur, Kumar, & Sharma, 2010). La señal que se encuentra entre 2856 y 2925 cm^{-1} (2898 cm^{-1}) se debe a la absorción simétrica del enlace C-H (Mishra & Sen, 2011). La banda en 1674 cm^{-1} de baja absorción indica la presencia de C=C y el pico en 2135 cm^{-1} puede deberse a la presencia de enlace C-C.

La banda en 1745 cm^{-1} se debe a la presencia de C=O, el pico en 1417 cm^{-1} C-N así como el pico en 3500 cm^{-1} y 3400 cm^{-1} puede deberse a la presencia de N-H o grupos hidroxilo. La señal en 2250 cm^{-1} puede deberse a la presencia de R-C=N (Silverstein, Webster, & Kiemle, 2005).

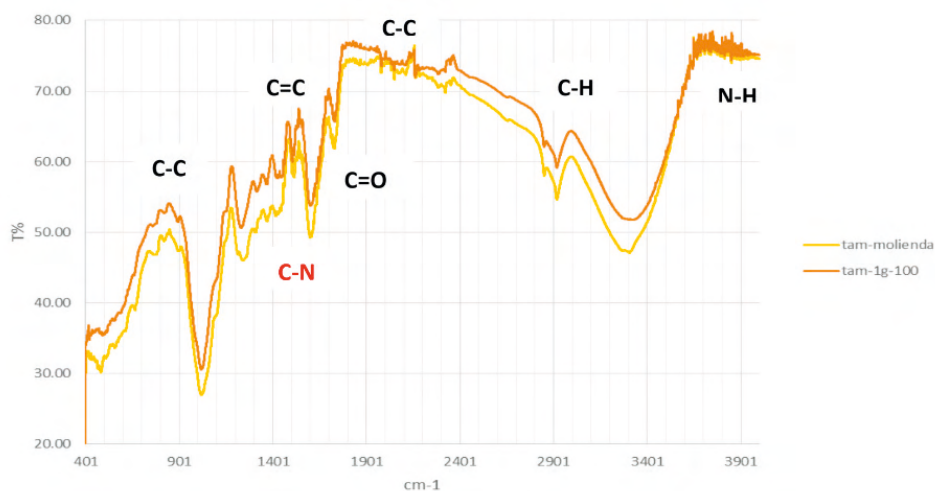


Figura 5 Espectro FTIR de carbón activado de cascara de tamarindo

Con la utilización del método APHA-AWWA 4500 CN-D en la adsorción de cianuro en la superficie de la cascara de tamarindo muestra la adsorción de cianuro en el carbón activado después del proceso mecánico, con tres distintas concentraciones de cianuro, a 1 hora de adsorción, esto da como resultado, un incremento en la cantidad de cianuro removido por adsorción en el carbón cascara de tamarindo, en la gráfica muestra una comparación entre un carbón sin tratamiento mecánico (a) y con tratamiento mecánico (b), la figura muestra que al practicarse el proceso mecánico al carbón activado, a los 20 minutos hay un incremento de adsorción debido a que el carbón presenta un efecto catalítico, el mecanismo de adsorción es un intercambio de iones entre los grupos funcionales de la superficie del carbón, como se muestra en la siguiente reacción:

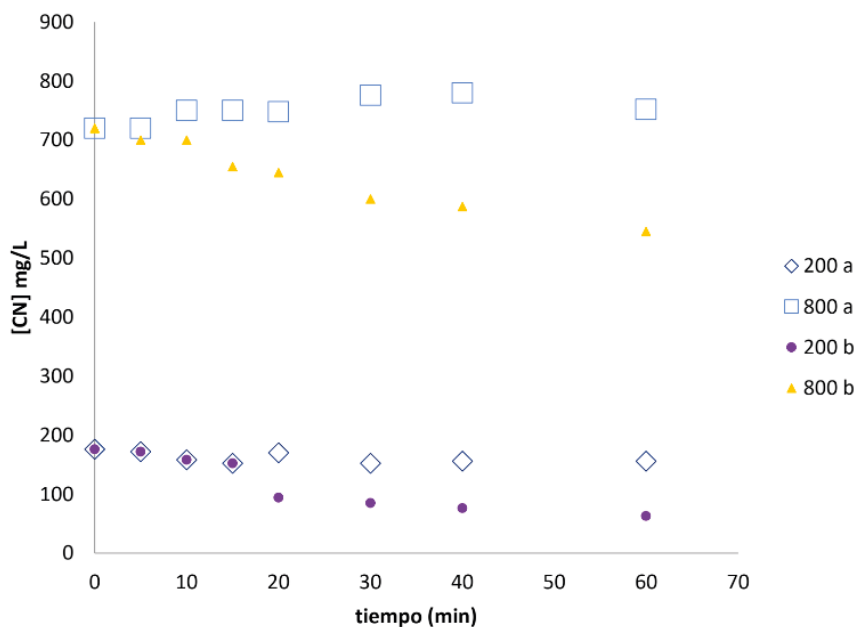


Figura 6. Mostra duas concentrações de cianuro com 2 gr de cct, los incisos (a) es antes del proceso mecánico y el inciso (b) después del proceso mecánico.

CONCLUSIONES

En la elaboración del carbón activado de cáscara de tamarindo fue un factor determinante en el trabajo, pues se realizó de forma exitosa y cumplió todas las normas utilizadas por la American Society for Testing and Materials Standards (ASTM) para la determinación de la calidad en sus aplicaciones. Esto permitió una correcta adsorción del cianuro en la experimentación realizada.

La técnica implementada APHA-AWWA 4500 CN-D para determinación de cianuro se utilizó para analizar el cianuro libre que se encontraba en solución conforme transcurría las cinéticas de adsorción empleando carbón activado elaborado a partir de cascara de tamarindo, lo cual demostró que es una técnica eficiente en dichas cinéticas.

Por la técnica de espectroscopia fotoelectrónica de rayos x (XPS), fue posible encontrar los principales grupos funcionales del carbón activado de cascara de tamarindo que interactúan con el cianuro. Estos fueron en su mayoría grupos carbonil y carboxil.

Con la espectroscopia FTIR a las cuales fueron sometidas las muestras secas del carbón activado, se compararon las gráficas iniciales y posteriores al proceso, confirmando la presencia de cianuro y demostrando una adsorción exitosa del contaminante químico residual, además de los grupos funcionales como carboxil, carbonil, grupos O-H presentes

REFERÊNCIAS

Abdelnour A, Vincent Escalant Jean (1994). Conceptos Básicos Del cultivo de Tejidos Vegetales. Editorial CEE. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=T9QOQAIAAJ&pg=PP8&dq=cultivo+de+tejidos+in+vitro&hl=es&sa=X&ved=0CDAQ6AEwAmoVChMIqbDNza-kyAIVQdWACH2ebA->

Aceves, L.A et al (2008). Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el estado de Tabasco. SAGARPA. Consultado en línea: [http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2611/tamarindo\[1\].pdf](http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2611/tamarindo[1].pdf)

Chinou, I (2008) Primary, secondary metabolites, and their biological activity. En: Waksmundzka-Hajnos M, Sherma J, Kowalska T (Eds) Thin layer chromatography in phytochemistry, pp. 59-76. CRS Press, Boca Raton

Figuerola, R., Tamayo, J., González, S., Moreno, G., Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 12, núm. 1, pp. 44-50 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México

Fowler M. W. (1987). Products from plant cells. Basic Biotechnology. Academic Press, M., London, England. pag. 525-544.

García, JA (2013) Establecimiento de un Sistema de Regeneración *in vitro* de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta*) Vía Organogénesis Indirecta. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

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