



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**

**AMPLIAÇÃO E  
APROFUNDAMENTO  
DE CONHECIMENTOS NAS  
ÁREAS DAS ENGENHARIAS**



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**

**AMPLIAÇÃO E  
APROFUNDAMENTO  
DE CONHECIMENTOS NAS  
ÁREAS DAS ENGENHARIAS**

*2020 by Atena Editora*

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-74-4  
 DOI 10.22533/at.ed.744200804

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 620

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

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Em “Ampliação e Aprofundamento de Conhecimentos nas Áreas das Engenharias” vocês encontrarão dezenove capítulos que demonstram que as fronteiras nas engenharias continuam sendo ampliadas.

A engenharia aeroespacial brasileira vem realizando muitos estudos para a melhoria nos processos de construção de satélites e temos nesta obra quatro capítulos demonstrando isso.

Na engenharia elétrica e na computação temos quatro capítulos demonstrando empenho no aprofundamento de pesquisas envolvendo temas atuais.

A engenharia de materiais e a engenharia química trazem quatro capítulos com pesquisas na produção de novos materiais e produção de medicamentos.

Pesquisas na engenharia de produção temos três capítulos que demonstram o empenho na análise de qualidade da produção industrial.

Os demais capítulos apresentam boas pesquisas em engenharia civil, engenharia mecânica e engenharia agrícola.

Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA PRONTIDÃO DA ORGANIZAÇÃO DE AIT DE SATÉLITES ARTIFICIAIS PARA O ATENDIMENTO DE REQUISITOS DE SEUS STAKEHOLDERS	
Isomar Lima da Silva Andreia Fátima Sorice Genaro José Wagner da Silva Elaine de Souza Ferreira de Paula Bruno da Silva Muro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
EMPREGO DOS PARÂMETROS DE LAMINAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE PAINÉIS REFORÇADOS EM COMPÓSITOS SUBMETIDOS A CARGAS COMPRESSIVAS	
Hélio de Assis Pegado Laura Tameirão Sampaio Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
AN OVERVIEW OF THE BFO - BASIC FORMAL ONTOLOGY - AND ITS APPLICABILITY FOR SATELLITE SYSTEMS	
Adolfo Americano Brandão Geilson Loureiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
COLETA DE REQUISITOS DO SUBSISTEMA BAZOOKA CANSAT UTILIZADO NO SEGUNDO CUBEDESIGN	
Daniel Alessander Nono Anderson Luis Barbosa Bruno Carneiro Junqueira André Ferreira Teixeira Aline Castilho Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
CENTRAIS HIDROcinÉTICAS COMO MEIO PARA A REESTRUTURAÇÃO DEMOCRÁTICA DO SETOR ELÉTRICO	
Luiza Fortes Miranda Geraldo Lucio Tiago Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
DE KAOS PARA SYSML NA MODELAGEM DE SISTEMAS EMBARCADOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Timóteo Gomes da Silva Fernanda Maria Ribeiro de Alencar Aêda Monalizza Cunha de Sousa Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008046</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>68</b>
INTERNET OF THINGS NA ENGENHARIA BIOMÉDICA	
Tatiana Pereira Filgueiras	
Pedro Bertemes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008047</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>77</b>
AVALIAÇÃO DE TOPOLOGIAS DE FONTES DE CORRENTE EM BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA	
David William Cordeiro Marcondes	
Pedro Bertemes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008048</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>97</b>
OBTENÇÃO DE BIODIESEL POR MEIO DA TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SOJA UTILIZANDO CATALISADOR DE KOH/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES	
Laís Wanderley Simões	
Normanda Lino de Freitas	
Joelda Dantas	
Elvia Leal	
Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes	
Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7442008049</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>113</b>
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS PRODUZIDOS POR AMIDO DE MILHO E QUITOSANA	
Francielle Cristine Pereira Gonçalves	
Kilton Renan Alves Pereira	
Rodrigo Dias Assis Saldanha	
Simone Cristina Freitas de Carvalho	
Vitor Rodrigo de Melo e Melo	
Kristy Emanuel Silva Fontes	
Richelly Nayhene de Lima	
Magda Jordana Fernandes	
Elano Costa Silva	
Thaynon Brendon Pinto Noronha	
Liliane Ferreira Araújo de Almada	
Paulo Henrique Araújo Peixôto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.74420080410</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>125</b>
SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF SODIUM DODECYL SULFATE (DDS) MODIFIED LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (HDL) AS MATRIX FOR DRUG RELEASE	
Amanda Damasceno Leão	
Mônica Felts de La Rocca	
José Lamartine Soares Sobrinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.74420080411</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>134</b>
THIN PLATE SPLINE INTERPOLATION METHOD APPLICATION TO PREDICT THE SUNFLOWER OIL INCORPORATION IN POLY (ACRYLIC ACID)-STARCH FILMS	
Talita Goulart da Silva	
Débora Baptista Pereira	
Vinícius Guedes Gobbi	

Layla Ferraz Aquino  
Thassio Brandão Cubiça  
Matheus Santos Cunha  
Tiago dos Santos Mendonça  
Sandra Cristina Dantas  
Roberta Helena Mendonça

**DOI 10.22533/at.ed.74420080412**

**CAPÍTULO 13 ..... 152**

GESTÃO ESTRATÉGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA EMPRESA DE MANUTENÇÃO JL AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Francely Cativo Bentes  
David Barbosa de Alencar  
Marden Eufrasio dos santos

**DOI 10.22533/at.ed.74420080413**

**CAPÍTULO 14 ..... 162**

OTIMIZAÇÃO DOS INSPETORES ELETRÔNICOS NA PRODUÇÃO DE TAMPAS METÁLICAS NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Elisabete Albuquerque de Souza  
David Barbosa de Alencar  
Marden Eufrasio dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.74420080414**

**CAPÍTULO 15 ..... 174**

CONTROLE DE QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO DE SEIS E OITO FUROS DAS OLARIAS DO AMAPÁ

Daniel Santos Barbosa  
Adler Gabriel Alves Pereira  
Orivaldo de Azevedo Souza Junior  
Ruan Fabrício Gonçalves Moraes  
Paulo Victor Prazeres Sacramento

**DOI 10.22533/at.ed.74420080415**

**CAPÍTULO 16 ..... 190**

REAPROVEITAMENTO DE TOPSOIL COMO MEDIDA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves  
Fabiano Battemarco da Silva Martins  
Ronaldo Machado Correia

**DOI 10.22533/at.ed.74420080416**

**CAPÍTULO 17 ..... 199**

AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: COMPARAÇÃO ENTRE A NBR 9452/2019 E O MÉTODO ESLOVENO

Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti

**DOI 10.22533/at.ed.74420080417**

**CAPÍTULO 18 ..... 208**

DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA MÍNIMA EXIGIDA DO ACIONAMENTO PRINCIPAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA

José Joelson de Melo Santiago  
Carlos Cássio de Alcântara  
Daniel Nicolau Lima Alves

Jackson de Brito Simões

DOI 10.22533/at.ed.74420080418

**CAPÍTULO 19 ..... 220**

CONSTRUÇÃO, INSTRUMENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE UM TÚNEL DE VENTO DIDÁTICO DE CIRCUITO FECHADO

Lucas Ramos e Silva

Guilherme de Souza Papini

Rafael Alves Boutros

Romero Moreira Silva

Wender Gonçalves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.74420080419

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 236**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 237**

## SYNTHESIS AND STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF SODIUM DODECYL SULFATE (DDS) MODIFIED LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (HDL) AS MATRIX FOR DRUG RELEASE

Data de aceite: 27/03/2020

### Amanda Damasceno Leão

Universidade Federal de Pernambuco,  
Departamento de Farmácia,  
Recife-Pernambuco

### Mônica Felts de La Rocca

Universidade Federal de Pernambuco,  
Departamento de Farmácia,  
Recife-Pernambuco

### José Lamartine Soares Sobrinho

Universidade Federal de Pernambuco,  
Departamento de Farmácia,  
Recife-Pernambuco

**RESUMO:** Hidróxidos duplos lamelares (HDL) são materiais inorgânicos com organização 2D, obtidos por síntese ou encontrados na natureza e que apresentam capacidade de interagir e carrear íons orgânicos. Além disso, proporcionam aumento da solubilidade, estabilidade e alteração na liberação do íon intercalado ou adsorvido. Sua natureza hidrofílica possibilita a interação com moléculas carregadas, no entanto, moléculas com baixa densidade de carga ou não carregadas podem apresentar fracas interações com o HDL impossibilitando o seu transporte entre as lamelas. A modificação na superfície dos HDL pode ser utilizada como

estratégia para possibilitar sua interação com moléculas hidrofóbicas e desta forma ampliar sua aplicação como matriz. Desta forma, o presente trabalho realizou a modificação do HDL Zn<sub>2</sub>Al-Cl com dodecil sulfato de sódio (DDS) e sua caracterização objetivando a obtenção de uma matriz para liberação de fármacos que apresentem baixa solubilidade aquosa. Os HDL foram obtidos pelo método de coprecipitação, sob atmosfera de nitrogênio e controle de pH (7,5±0,5). Através dos dados espectroscópicos observou-se a interação entre o DDS e o HDL indicando a modificação do HDL, os dados de difratometria demonstraram a alteração do espaçamento interlamelar do HDL sugerindo a intercalação do DDS, assim como os dados de superfície também corroboraram para a modificação do HDL com DDS através da redução da área superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** argilominerais, intercalação, dodecil sulfato de sódio, coprecipitação, liberação de fármacos.

**ABSTRACT:** Layered double hydroxides (HDL) are inorganic materials with 2D organization, obtained by synthesis or found in nature and that have the ability to interact and carry organic ions. In addition, they provide increased solubility, stability and alteration in intercalated

or adsorbed ion release. Its hydrophilic nature makes it possible to interact with charged molecules, however, molecules with low charge density or uncharged may have poor interactions with HDL making it impossible to carry between the coverslips. Surface modification of HDL can be used as a strategy to enable their interaction with hydrophobic molecules and thus expand their application as a matrix. Thus, the present work performed the modification of HDL Zn<sub>2</sub>Al-Cl with sodium dodecyl sulfate (DDS) and its characterization aiming to obtain a matrix for the release of drugs with low aqueous solubility. The HDL were obtained by the co-precipitation method under nitrogen atmosphere and pH control ( $7.5 \pm 0.5$ ). Through the spectroscopic data, the interaction between DDS and HDL was observed, indicating the modification of HDL, the diffraction data showed the alteration of the interlamellar spacing of the HDL suggesting the interspersation of the DDS, as well as the surface data also corroborated for the modification. HDL with DDS by reducing the surface area.

**KEYWORDS:** clay minerals, intercalation, sodium dodecyl sulfate, coprecipitation, drug release

## 1 | INTRODUÇÃO

Hidróxidos duplos lamelares (HDL) são materiais inorgânicos, também denominados de hidrotalcitas, constituídos por camadas de hidróxido de metal carregadas positivamente e organizadas em estruturas lamelares, as quais são formadas por unidades octaédricas. Na figura 1 encontra-se a representação esquemática de um HDL. (LEÃO et al., 2019a,b)(FRONDEL et al., 1970),(PAIKARAY et al., 2014)

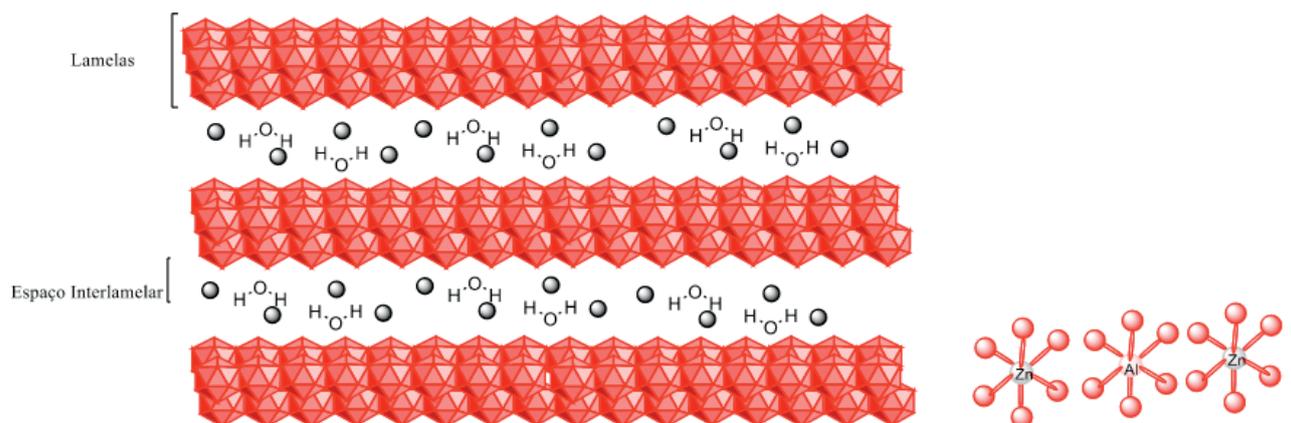


Figura 1: Representação genérica de um HDL.

Fonte: autoria própria baseado em BARAHUIE et al.(2014) utilizando o programa livre ChemBioDraw.

Os HDL apresentam pequeno espaçamento entre suas camadas, pois a alta densidade de carga das lamelas e o alto teor de espécies aniônicas e de água,

no espaço interlamelar, resultam em significativas interações eletrostáticas e propriedades hidrofílicas.(ROJAS et al., 2015) Embora exista a capacidade de ampliação do espaço interlamelar (MEI et al., 2017) estas interações podem funcionar como barreira para a intercalação de moléculas volumosas ou de baixa solubilidade com fármacos. Desta forma, modificações na superfície dos HDL podem ser realizadas para facilitar a interação com estes tipos de moléculas.

As modificações envolvem, frequentemente, a inserção de espécies aniônicas com cauda hidrofóbica na superfície da matriz para promover maior espaçamento entre as lamelas (CURSINO et al., 2013),(WANG et al., 2005),(CURSINO et al., 2015).O aumento do espaço interlamelar facilita a entrada de moléculas volumosas e/ou promove a esfoliação do HDL.(ZHAO et al., 2011)

Surfactantes sulfonados, como dodecilsulfonato e dodecilbenzenosulfonato podem ser utilizados para organofilizar os HDL e promover a solubilização de compostos orgânicos hidrofóbicos. (DÉKÂNY et al., 1997) ,(WANG et al., 2005), (KUTLU et al., 2014)

A modificação dos HDL altera a polaridade da superfície, os HDL deixam de ser hidrofílicos e passam a ser hidrofóbicos. Desta forma, os compostos hidrofóbicos podem interagir com a cauda dos surfactantes melhorando a solubilidade de moléculas pouco solúveis em um fenômeno chamado adsolubilização ou co-adsorção, que é análogo a solubilização micelar em solução aquosa.(FARÍAS et al., 2010) (FARÍAS et al., 2010),(ZHAO et al., 2011),(DÉKÂNY et al., 1997)

Desta forma, o presente trabalho realizou a modificação do HDL  $Zn_2Al-Cl$  com dodecil sulfato de sódio (DDS) objetivando obter uma matriz para carreamento de fármacos com baixa solubilidade tendo em vista que um dos maiores desafios da indústria farmacêutica, atualmente, consiste em desenvolver estratégias para melhorar a solubilidade aquosa de fármacos (os fluidos corporais são prioritariamente aquosos). (LAITINEN et al., 2013)

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Reagentes

Os reagentes KOH,  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Zn_2Al-Cl$  anidro e dodecil sulfato de sódio foram obtidos da Sigma Aldrich®. O solvente metanol foi obtido da empresa Merck®.

### 2.2 Caracterizações

Os difratogramas foram obtidos no difratômetro rigaku, modelo miniflex, através de raios x gerados por um ânodo de  $cu(\alpha)$ , operado a 30 kv de tensão, corrente de 15mA e filtro de ni, foi utilizada uma faixa de varredura ( $2\theta$ ) de 1,5 a 70° a um passo

de  $0,03^\circ$  por segundo. os espectros FT-IR foram obtidos na faixa de 4000 a  $650\text{ cm}^{-1}$ , com resolução de  $4\text{ cm}^{-1}$  em equipamento perkin elmer da série spectrum 400.

A área superficial ( $s_{\text{bet}}$ ) e as isotermas dos sistemas foram determinadas a partir dos dados de adsorção-dessorção de  $\text{n}_2$  a 77 K e calculadas usando o método bet (brunauer-emmett-teller) na faixa de pressão relativa ( $p/p_0$ ) 0 - 1. o volume, diâmetro médio dos poros e sua distribuição foram estimados utilizando o método BJH (Barret-Joyner-Halenda), obtidos em analisador de área superficial e tamanho de poros da micrometrics modelo ASAP 2420 (accelerated surface area and porosimetry system) do CETENE (centro de tecnologia do nordeste).

### 2.3 Síntese dos HDL

A síntese por coprecipitação foi realizada em pH constante (MIYATA; OKADA, 1977) em solução metanólica. O sistema utilizado constituiu-se de um balão de três bocas acoplado a funis de adição e eletrodo. Para obtenção do HDL  $\text{Zn}_2\text{Al-Cl}$ , em um dos funis foi adicionado KOH ( $0,2\text{ mol L}^{-1}$ ) e  $\text{ZnCl}_2$  anidro ( $6,036 \times 10^{-3}\text{ mol}$ ) e  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $3,018 \times 10^{-3}\text{ mol}$ ) até ser atingido o pH  $7,5 \pm 0,5$ . Para a obtenção do HDL modificado  $\text{Zn}_2\text{Al-Cl-DDS}$  foram utilizadas as mesmas proporções do HDL não modificado e a proporção de 1:1 (DDS: Al).

O sistema foi mantido sob atmosfera de nitrogênio e agitação magnética. Após a síntese os HDLs permaneceram em maturação durante 24h, em seguida foram centrifugados e lavados com 3x em água e 3x em metanol e secos em estufa a  $50^\circ\text{C}$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise dos difratogramas, foi possível observar que  $\text{Zn}_2\text{Al-Cl}$  apresenta em  $2\theta$  abaixo de  $30^\circ$  os picos característicos de HDL. As distâncias ( $d_{hkl}$ ) para o plano (003) foram obtidas através da equação de Bragg e apresentaram  $d_{003}$  de aproximadamente  $7,0\text{ \AA}$  mostrando-se concordantes com o relatado por Miyata (1975) para estes tipos de HDL. Na figura 2 é possível observar os difratogramas.

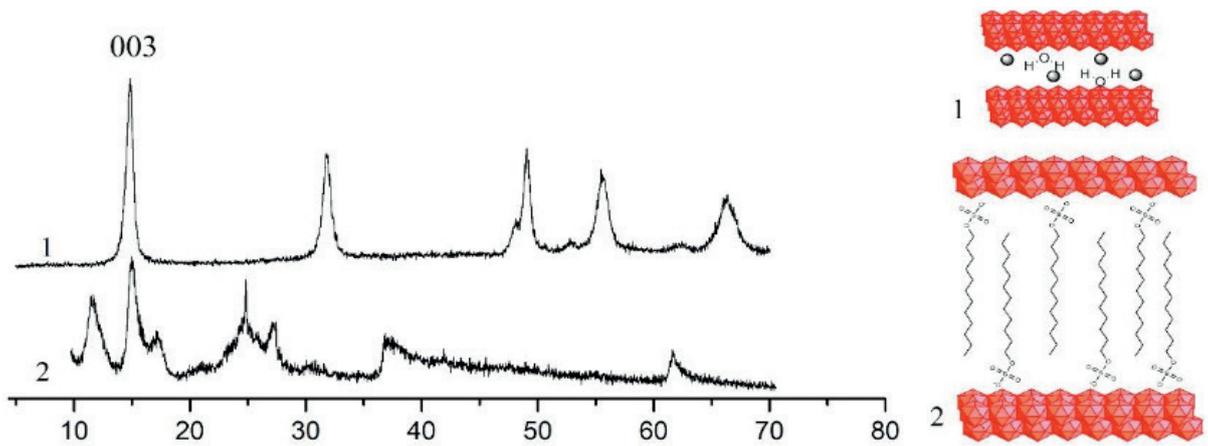


Figura 2: Difratogramas de Zn<sub>2</sub>Al-Cl(1), Zn<sub>2</sub>Al-Cl-DDS(2) e suas respectivas representações.

Observou-se a alteração do espaçamento interlamelar de Zn<sub>2</sub>Al-Cl-DDS 6,95°(12,7Å) em comparação a Zn<sub>2</sub>Al-Cl não modificado 12,4° (7,13 Å), sugerindo a intercalação do DDS. A presença de DDS no espaço interlamelar aumenta a distância entre as lamelas e gera um ambiente hidrofóbico facilitando a intercalação de fármacos pouco solúveis por adsolubilização. Os valores das distâncias estão representados na tabela 1 e esquematizados na figura 2.

A caracterização da superfície apresentados na tabela 1 demonstram a redução da área superficial do HDL modificado em comparação a Zn<sub>2</sub>Al-Cl, esta redução corrobora com a presença do DDS nas lamelas sugerido pelo DRX.

HKL (003)	2θ	D(Å)	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	VP (cm <sup>3</sup> /g)	TAMANHO DO PORO (Å)
Zn <sub>2</sub> Al-Cl	12,4 °	7,13	41,34	0,18	149,77
Zn <sub>2</sub> Al-Cl-DDS	6,95 °	12,7	27,84	0,15	233,83

Tabela 1: Atribuição das distâncias interplanares, valores de área superficial, volume e tamanho de poro pelo método B.J.H para os HDLs.

As isotermas obtidas pelo método B.E.T. (*BRUNAUER*, EMMETT e TELLER) estão representadas na figura 3 e a análise da distribuição da área dos poros é representada na figura 4.

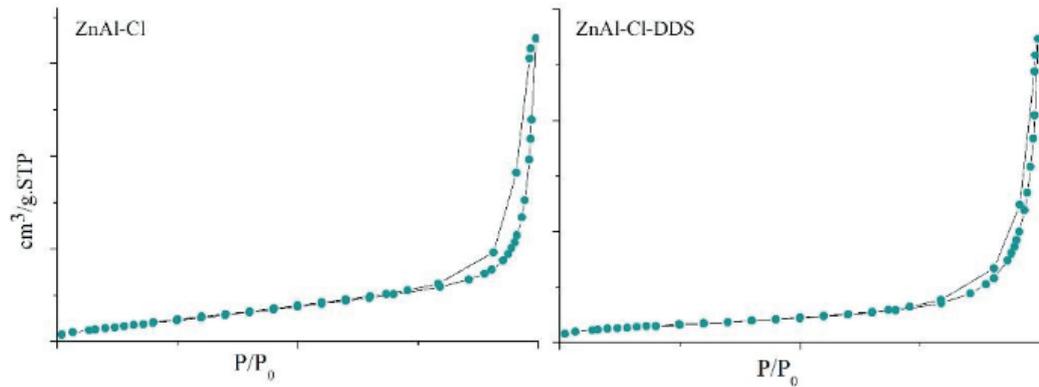


Figura 3: Isotermas de adsorção-dessorção de  $N_2$  para os sistemas com e sem GLIB pelo método B.E.T.

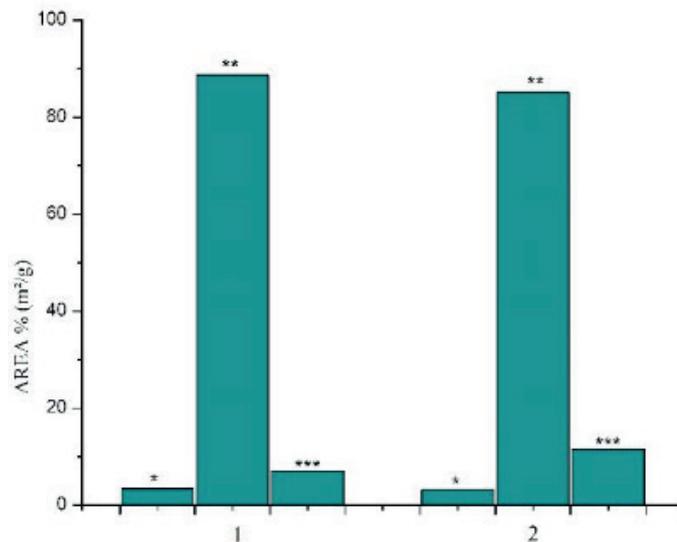


Figura 4: Distribuição do volume e o diâmetro médio dos poros para os sistemas pelo método B.J.H. 1-Zn<sub>2</sub>Al-Cl-DDS,2-Zn<sub>2</sub>Al-Cl. (\*macroporos, \*\*mesoporos,\*\*\*microporos)

Observam-se isotermas do tipo IV, que de acordo com a classificação da IUPAC são característica para estruturas mesoporosas. A isoterma do tipo IV é obtida quando ocorre condensação capilar, há a formação de monocamada seguida de adsorção de multicamadas. Observa-se também a presença de histerese do tipo H3, que segundo a IUPAC é característica para mesoporos em formato de cunha. A análise da distribuição da área dos poros comprova os resultados obtidos pelas isotermas para materiais mesoporosos.

Os espectros de infravermelho de Zn<sub>2</sub>Al-Cl demonstram a presença da banda entre 3000 a 3600cm<sup>-1</sup> correspondente a hidroxila das lamelas e da água de hidratação. Em 700-800 cm<sup>-1</sup> surgem bandas típicas de HDL-Cl, referentes a ligações com o cloreto, como relatado por Kloprogge (2005). A banda de absorção próxima a região de 1630 cm<sup>-1</sup> pode ser atribuída à deformação angular das moléculas de água. Na figura 5 observa-se os espectros de infravermelho para o HDL não modificado, modificado e para o DDS.

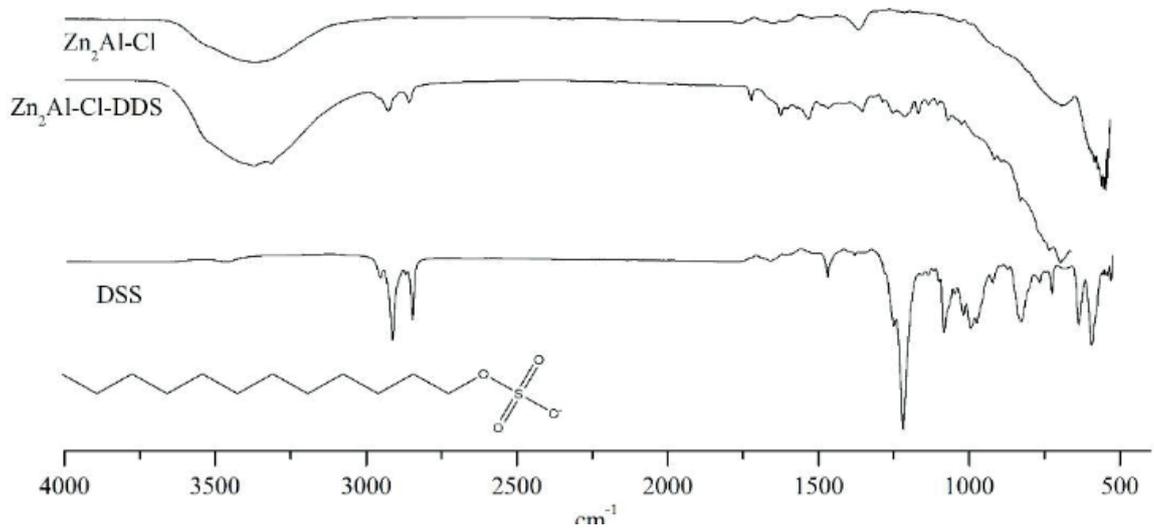


Figura 5: Espectros de Infravermelho de  $Zn_2Al-Cl$ ,  $Zn_2Al-Cl-DDS$  e  $DDS$  com sua estrutura química.

Em  $Zn_2Al-Cl-DDS$  observa-se o aparecimento de uma banda entre  $3000\text{ cm}^{-1}$  e  $3600\text{ cm}^{-1}$  correspondente as hidroxilas das lamelas do HDL e da água de hidratação, observa-se notável redução de intensidade dos estiramentos simétricos e antissimétricos de  $-CH_2-$  e  $-CH_3$ .

São observadas bandas que fazem referência ao perfil do ânion DDS no HDL. Em  $2924$  e  $2852\text{ cm}^{-1}$  são observadas os estiramentos antissimétrico e simétrico  $-CH_2-$ , estiramento antissimétrico de  $-CH_3$  em  $2955\text{ cm}^{-1}$  e simétrico  $2849\text{ cm}^{-1}$ . (SPERLINE; SONG; FREISER, 1997) As bandas em  $1218\text{ cm}^{-1}$  e  $1243\text{ cm}^{-1}$  são correspondentes ao estiramento antissimétrico de  $SO_2$ . Em  $1077\text{ cm}^{-1}$  estiramento simétrico do  $SO_2$ . (VIANA; DA SILVA; PIMENTEL, 2012) Estas bandas relativas ao DDS comprovam que o HDL sintetizado realmente foi modificado.

Trabalhos encontrados na literatura demonstram a capacidade de os HDLs modificados conseguirem carrear moléculas hidrofóbicas, Zang et al.(2017) modificaram o HDL do tipo  $Mg_2Al$  com Hexanossulfonato de sódio e dodecanossulfonato de sódio para a recuperação dos corantes industriais e observaram que a presença dos surfactantes foi muito importante para a excelente afinidade entre organo-HDLs e os poluentes orgânicos.

Podem ser citados ainda trabalhos envolvendo a adsorubilização do pesticida clorpirifos em HDL do tipo  $Mg_2Al$  modificado com DDS e DBS. (WANG et al., 2005) Além da adsorubilização de tiofeno em HDL  $Zn_2Al$  (ZHAO et al., 2011) e nitrofenol por HDL modificado com DDS, podendo estes dois últimos serem aplicados a estações de tratamento de águas residuais para a eliminação de contaminantes orgânicos.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir, através dos resultados obtidos, que o HDL do tipo Zn<sub>2</sub>Al-Cl pode ser modificado por DDS através do método de coprecipitação. Foi possível comprovar a intercalação do DDS no HDL gerando aumento do espaço interlamelar criando um ambiente hidrofóbico propício a intercalação de fármacos com baixa solubilidade para o desenvolvimento de sistemas de liberação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal de Pernambuco (PPGCF-UFPE).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento.

Ao laboratório de Controle de Qualidade de Medicamentos e Correlatos (NCQMC-UFPE).

## AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

## REFERÊNCIAS

BARAHUIE, F. et al. Development of drug delivery systems based on layered hydroxides for nanomedicine. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 5, p. 7750–7786, 2014.

CURSINO, A. C. T. et al. Layered double hydroxides intercalated with anionic surfactants/benzophenone as potential materials for sunscreens. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 397, p. 88–95, 2013.

CURSINO, A. C. T. et al. Layered zinc hydroxide salts intercalated with anionic surfactants and adsolubilized with UV absorbing organic molecules. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 9, p. 1769–1780, 2015.

DÉKÂNY, I. et al. Hydrophobic layered double hydroxides (LDHs): Selective adsorbents for liquid mixtures. **Colloid and Polymer Science**, v. 275, n. 7, p. 681–688, 1997.

FARÍAS, T. et al. Adsolubilization of drugs onto natural clinoptilolite modified by adsorption of cationic surfactants. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 76, n. 2, p. 421–426, 2010.

FRONDEL, C. et al. 4) K. Tanabe, “Solid Acids and Bases”, Kodansha, Tokyo and Academic Press, New York, London(1970) Chap. 4 and 5. v. 295, n. 1941, 1970.

KUTLU, B. et al. Effects of LDH synthesis and modification on the exfoliation and introduction of a robust anion-exchange procedure. **Chemical Engineering Journal**, v. 243, p. 394–404, 2014.

LAITINEN, R. et al. Emerging trends in the stabilization of amorphous drugs. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 453, n. 1, p. 65–79, 2013.

Leão, A.D., de França, L.M., Cunha, C.N.L.C., Marinho F.A., Soares M.F.L., Soares-Sobrinho J.L. **In-line monitoring of layered double hydroxide synthesis and insights on formation mechanism and kinetics**. *Applied Clay Science*, 179, 105130, 2019a. DOI: 10.1016/j.clay.2019.105130

Leão, A. D., Oliveira, V.V., Marinho, F. A., Wanderley, A. L., Aguiar, J. S., Gonçalves, T. T., Soares, M. F. L. R., Soares-Sobrinho, J. L. **Hybrid systems of glibenclamide and layered double hydroxides for solubility enhancement for the treatment of diabetes mellitus II**. *Appl. clay science*, 105218, 2019b. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105218>

MEI, X. et al. Layered double hydroxide monolayers for controlled loading and targeted delivery of anticancer drugs. 2017.

MIYATA, S.; OKADA, A. SYNTHESIS OF HYDROTALCITE-LIKE COMPOUNDS AND THEIR PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES-- THE SYSTEMS  $Mg^{2+}-Al^{3+}-SO_2$  AND  $Mg^{2+}-Al^{3+}-CrO_2$ . v. 25, p. 14–18, 1977.

PAIKARAY, S. et al. Formation mechanism of layered double hydroxides in  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , and  $Fe^{3+}$ -rich aqueous media: Implications for neutralization in acid leach ore milling. **Applied Clay Science**, v. 101, p. 579–590, 2014.

ROJAS, R. et al. Structural and physicochemical aspects of drug release from layered double hydroxides and layered hydroxide salts. **Applied Clay Science**, v. 109–110, p. 119–126, 2015.

SPERLINE, R. P.; SONG, Y.; FREISER, H. Temperature Dependent Structure of Adsorbed Sodium Dodecyl Sulfate at the  $Al_2O_3$ /Water Interface. **Langmuir**, v. 13, n. 14, p. 3727–3732, 1997.

VIANA, R. B.; DA SILVA, A. B. F.; PIMENTEL, A. S. Infrared spectroscopy of anionic, cationic, and zwitterionic surfactants. **Advances in Physical Chemistry**, v. 2012, 2012.

WANG, B. et al. Surface modification of layered double hydroxides and incorporation of hydrophobic organic compounds. v. 92, p. 190–196, 2005.

ZHAO, Q. et al. Adsorption behavior of thiophene from aqueous solution on carbonate- and dodecylsulfate-intercalated ZnAl layered double hydroxides. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 17, p. 10253–10258, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AIT 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11

Alumina 97, 98, 99, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Áreas Degradadas 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198

### B

Biocompatible Polymers 135

Biodegradáveis 114, 115

Biodiesel 97, 98, 99, 100, 101, 104, 110, 111, 112

### C

Camada fértil do solo 190, 194

CanSat 39, 40, 43, 44, 45

Catalisadores Impregnados 98, 105, 106, 108

Cerâmica 102, 174, 175, 176, 177, 178, 188, 189

Controle de qualidade 174, 177, 178, 184, 188

### D

Democracia energética 47, 51, 52

Desenvolvimento 15, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 63, 64, 67, 75, 98, 102, 111, 112, 114, 120, 122, 152, 164, 178, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 236

### E

Embalagens 114, 115, 122

Engenharia baseada em conhecimento 31

Engenharia Biomédica 68, 70, 72, 74

Engenharia de Sistema 39

Espectroscopia de bioimpedância elétrica 77, 78, 81, 83, 88, 93

Estradas 190, 200

### F

ferramentas da qualidade 152, 153, 156, 162

Filmes 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

Flambagem 13, 15, 18, 20, 21, 24, 27, 28

Fonte de corrente Howland 77, 89

Fonte não linear 77

## G

Gestões estratégicas 152

## I

Inspetores Eletrônicos 162, 163, 168, 169, 171, 172, 173

## K

KAOS 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

## M

Modeling 30, 32, 34, 35, 36, 37, 44, 60, 61, 64, 66, 67, 111, 135, 136, 139

## N

NASTRAN 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29

## O

Olaria 174, 175, 182, 183, 184, 185, 186, 187

Ontologia 30, 31

Otimização 13, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 91, 94, 162

## P

PDCA 153, 154, 155, 158, 159, 162, 163, 164, 166, 173

Planejamento 55, 67, 114, 116, 117, 118, 152, 153, 155, 158, 164, 177, 178

Polymeric Films 134, 135

Processos 1, 63, 69, 102, 105, 117, 120, 157, 158, 160, 162, 163, 164, 165, 173, 178, 190, 192, 193, 196, 209

Projeto 1, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 61, 62, 70, 71, 74, 103, 152, 156, 177, 191, 192, 207, 208, 209, 219, 235

Prontidão 1

## R

Reaproveitamento 190, 192, 194, 195, 196

Rede de Petri 60, 64

Requisitos 1, 39, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 70, 74, 75, 79, 90, 178, 179, 188, 189

Rodovias 190, 191, 194

## S

Saúde 53, 68, 70, 71, 74, 75

Sistemas Complexos 31, 38, 60, 62  
Sistemas de satélite 30, 31  
Sistemas Embarcados 60, 61, 63, 64, 65, 67  
Stakeholders 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 39, 40, 41, 43, 44, 45  
SysML 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

## T

Tecnologia 37, 38, 47, 48, 49, 50, 56, 58, 68, 69, 74, 128, 134, 174, 175, 189, 190, 208, 236  
Tecnologia hidrocínética 47, 48, 49, 56  
Tissue engineering 135, 144, 145  
Topsoil 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198  
transição energética 47, 55, 58  
Transição energética 48  
Transport phenomena 134, 135

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**