

**Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)**

# **Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4**



**Jorge González Aguilera**

**Alan Mario Zuffo**

(Organizadores)

# Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
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. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-475-7 DOI 10.22533/at.ed.757191107  1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario  CDD 509.81
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 4*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA DE CÉLULAS DE CARCINOMA DE CÂNCER CANINO APÓS IRRADIAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE COBALTO	
Paula de Sanctis Brunno Felipe Ramos Caetano Luis Maurício Montoya Flórez Valéria Barbosa de Souza Luís Fernando Barbisan Marco Antônio Rodrigues Fernandes Ramon Kaneno Rogério Antônio de Oliveira Willian Fernando Zambuzzi Noeme Sousa Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE INTERAÇÕES ENTRE AS PROTEÍNAS M E M2-1 DO VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO HUMANO (HRSV) E RIBAVIRINA	
Ernesto Tavares Neto Leandro Cristante de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ENCAPSULAMENTO DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS EM MATRIZ EPOXÍDICA PARA O TRATAMENTO DE HEPATOCARCINOMA	
Bruno de Vasconcellos Averaldo Hangai Alexandre Zirpoli Simões	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
ESTUDO QUÍMICO DO EXTRATO CLOROFÓRMICO DAS FOLHAS DA <i>Annona muricata</i> L.	
Maria Luiza da Silva Pereira Karoline Pereira Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CALCULAR A ROTAÇÃO DO SOL	
Matheus Leal Castanheira Dietmar Willian Foryta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DE ALAGOAS PARA OS ANOS DE 2015 E 2016	
Esdras de Lima Andrade Whendel Cezar Silva de Couto Daniel Nivaldo da Conceição Alex Nazário Silva Oliveira Elizangela Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911076</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS E AÇÕES CORRELATAS DO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR	
Poliana Arruda Fajardo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911077</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>74</b>
OSCILADOR HARMÔNICO: MODELO PARA A DESCRIÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL SOFRENDO PEQUENAS OSCILAÇÕES	
Pedro Henrique Ferreira de Oliveira João Philipe Macedo Braga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911078</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>86</b>
PALAVRAS CRUZADAS: UMA FERRAMENTA LÚDICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA	
Osmar Luís Nascimento Gotardi Andréa Martini Ribeiro Fernanda Marchiori Grave Letícia Cristiane Malakowski Heck Mario Victor Vilas Boas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7571911079</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>102</b>
QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO	
Maria Letícia Mendes Soares Thamiris Costa dos Santos Carolina Venturini Uliana Mariele Mucio Pedroso Hideko Yamanaka	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110710</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>111</b>
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	
Mariana Basolli Borsatto Beatriz Garcia Silva Paulo César Lodi Rogério Custódio Azevedo Souza Bruna Rafaela Malaghini Caio Henrique Buranello dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110711</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>121</b>
SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO SEGURO DE BIOPROCESSOS	
<a href="#">Milson dos Santos Barbosa</a> <a href="#">Lays Carvalho De Almeida</a> <a href="#">Isabelle Maria Duarte Gonzaga</a> <a href="#">Aline Resende Dória</a> <a href="#">Luma Mirely Souza Brandão</a> <a href="#">Isabela Nascimento Souza</a> <a href="#">Débora da Silva Vilar</a> <a href="#">Juliana Lisboa Santana</a> <a href="#">Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110712</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>129</b>
SÍNTESE DOS NÍVEIS INTERPRETANTES DAS ESTAÇÕES DO ANO APRESENTADOS POR FUTUROS PROFESSORES DE CIÊNCIAS	
<a href="#">Daniel Trevisan Sanzovo</a> <a href="#">Carlos Eduardo Laburú</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>140</b>
SISTEMA DE CONTROLE EMPREGANDO TECNOLOGIA RFID	
<a href="#">Felipe de Carvalho Forti</a> <a href="#">Alexandre César Rodrigues da Silva</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110714</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>150</b>
TÉCNICAS DE MEDIÇÃO BASEADAS NA FUNÇÃO DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DETECÇÃO DE DANO BASEADA NA IMPEDÂNCIA ELETROMECAÂNICA	
<a href="#">Guilherme Silva Bergamim</a> <a href="#">Caio Henrique Rodrigues</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110715</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>164</b>
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS À MINERAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR	
<a href="#">Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110716</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>180</b>
UM ESTUDO SOBRE ANÉIS LOCAIS	
<a href="#">Brendol Alves Oliveira Gomes</a> <a href="#">Eliris Cristina Rizzioli</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110717</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>192</b>
UMA VISÃO GERAL DE FRAMEWORKS PHP POPULARES PARA PROGRAMAÇÃO WEB	
<a href="#">Lilian N A Lazzarin</a> <a href="#">Leandro do Nascimento dos Anjos</a> <a href="#">João Florentino da Silva Junior</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110718</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>202</b>
UM PANORAMA DA QUALIDADE DA INTERNET BANDA LARGA NA REGIÃO DO MATO GRANDE	
Igor Augusto De Carvalho Alves	
Hellen Adélia Oliveira Da Cruz	
Maria De Lourdes Assunção Soares Dantas Fonseca	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110719</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>216</b>
USO DE SUPPORT VECTOR MACHINE EM AMBIENTE SUBTERRÂNEO: APLICAÇÃO EM POÇO DE MONITORAMENTO PARA REGRESSÃO DE DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA	
Thiago Boeno Patricio Luiz	
Guilherme de Freitas Gaiardo	
José Luiz Silvério da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110720</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>229</b>
UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA	
Victor De Aguiar Pedott	
Elton Luis Hillesheim	
Iemedelais Bordin	
Rogério Marcos Dallago	
Marcelo Luís Mignoni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110721</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>237</b>
UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA ESTUDO DE ONDAS OCEÂNICAS	
Matheus José de Deus	
Mateus das Neves Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.75719110722</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>242</b>

## UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA

### **Victor De Aguiar Pedott**

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim  
Erechim - RS

### **Elton Luis Hillesheim**

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim  
Erechim - RS

### **Iemedelais Bordin**

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim  
Erechim - RS

### **Rogério Marcos Dallago**

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim  
Erechim - RS

### **Marcelo Luís Mignoni**

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim  
Erechim – RS

**RESUMO:** Os hidróxidos duplos lamelares (HDLs) são compostos que possuem estrutura similar à da hidrotalcita, são chamados também de argilas aniônicas por interagir com outros materiais via diferença de carga, por causa disso, dispõem de várias propriedades, uma delas é o efeito memória, este permite que HDLs do tipo Mg/Al, Zn-Cr e Zn-Al tenham suas estruturas regeneradas após serem submetidas a uma decomposição térmica como a calcinação em temperaturas na faixa de 400 a 800°C. A análise de difração de raios X (DRX) é um bom método para observar como a HDL

se comporta com o tempo quando submetida a ação da atmosfera para a regeneração de sua estrutura. As análises de DRX realizadas em tempos de 10 e 30 dias nos mostraram que os picos característicos da HDL estavam se regenerando gradativamente, após 30 dias exposta a ação da atmosfera a HDL chega no limite da sua regeneração, tendo sua estrutura similar a HDL primeiramente sintetizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** DRX, efeito memória, HDL, regeneração.

### UTILIZATION OF X-RAY DIFFRACTION IN CHARACTERIZATION OF LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (LDH) MG/AL AND ITS MEMORY EFFECT

**ABSTRACT:** The layered double hydroxide (LDH) are compounds with similar structure of hydrotalcite, they are also called anionic clays because it interact with other materials by charge difference, therefore it have several properties, one of them it is the memory effect that allows layered double hydroxides like Mg/Al, Zn/Cr e Zn/Al have it structure regenerated after being submitted to a thermic decomposition, such as calcination, in temperatures in the range of 400~800°C. The X- Ray diffraction analysis (XRD) is a good method to observe how the LDH behave over time, when submitted by atmosphere air for the regeneration of it

structure. The XRD analysis realized in time within 10 and 30 days shows that the regeneration of characteristic peaks of LDH, this peaks regenerated gradually over time, after 30 days of exposure to the atmosphere the LDH achieve a similar structure of the first synthesized LDH.

**KEYWORDS:** LDH, Memory effect, XRD, Regeneration.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os Hidróxidos Duplos Lamelares (HDLs) são alocados como pertencentes ao grupo de minerais referidos como “óxidos e hidróxidos não silicatos”, uma vez que apresentam propriedades químicas e físicas similares à dos argilominerais, que fazem dos HDLs como tal (NEWMAN, 1987). Os HDL são compostos que possuem estrutura similar a da hidrotalcita e na literatura são conhecidos como do tipo da hidrotalcita, ou do inglês “Hydrotalcite-like compounds”. (CARRADO, et al 1988).

A estrutura dos HDL, pode ser entendida a partir da estrutura do mineral brucita,  $Mg(OH)_2$ , que é constituído de camadas bidimensionais infinitas, e cada camada possui cátions  $Mg^{2+}$  coordenados octaédricamente por íons  $OH^-$ . Nesta estrutura as lamelas são empilhadas através de interações de Van der Waals e ligações de hidrogênio. Se nesta estrutura houvesse uma substituição de parte dos cátions  $Mg^{2+}$  por cátions  $Al^{3+}$  resultaria em uma carga residual positiva nas lamelas, que precisa ser balanceada por ânions entre as lamelas (VACCARI, 1999). Quando balanceada por ânions carbonato resultaria na estrutura da hidrotalcita, característica dos HDL. Entre as lamelas destes compostos há moléculas de água que interagem por ligação de hidrogênio com os íons hidroxila das lamelas e/ou com os ânions interlamelares (BRATERMAN E XU, 2009; VACCARI, 1999).

É possível preparar uma grande variedade de HDL devido à possibilidade de combinação de diversos cátions e ânions; esses cátions bivalentes e trivalentes devem possuir raio iônico próximo ao raio do cátion  $Mg^{2+}$ , que podem ser acomodados em sítios octaédricos, formando camadas (VACCARI, 1999).

Os HDL não são encontrados abundantemente na natureza, mas devido a grande possibilidade de combinações de cátions e ânions, uma variedade de HDL podem ser preparados em laboratório, com facilidade e custo relativamente baixo. Os cátions divalentes mais utilizados são por exemplo: Mg, Ni, Fe, Co, Cu, Zn, Ca, Mn; e os cátions trivalentes são: Al, Cr, Fe, Ni, Co, Sc e Ga (CREPALDI E VALIM, 1998). Estes cátions devem apresentar raios em uma faixa entre 0,5 a 0,74 Å e coordenação octaédrica. Os ânions mais utilizados para a preparação de HDL são os haleto ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ), os oxo-ânions ( $CO_3^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CrO_4^{2-}$ , etc.), complexos de metais de transição aniônicos ( $[NiCl_4]^{2-}$ ,  $[Fe(CN)_6]^{4-}$ , etc.), ânions orgânicos (carboxilatos, porfirinas, alquil-sulfatos, etc.), polioxo-metalatos ( $V_{10}O_{2-}$ ,  $Mo_7O_{2-}$ , etc).

Alguns hidróxidos duplos lamelares apresentam uma propriedade denominada “efeito memória” (BATIANI et al., 2004), que consiste na regeneração da estrutura

inicial do material após ser submetido à decomposição térmica como a calcinação.

Os HDLs quando calcinados a uma temperatura próxima a 500°C sofrem uma decomposição dos íons interlamelares e quase completa desidroxilação do material, ocorrendo a perda da estrutura lamelar. Decorrente deste processo é formada uma solução sólida de um hidróxido-óxido duplo de  $M^{2+}$  e  $M^{3+}$  (CHIBWE AND JONES, 1989), um composto tipo periclásio. A Figura 1 ilustra a mudança estrutural ocorrida no processo de calcinação (REIS, 2009).

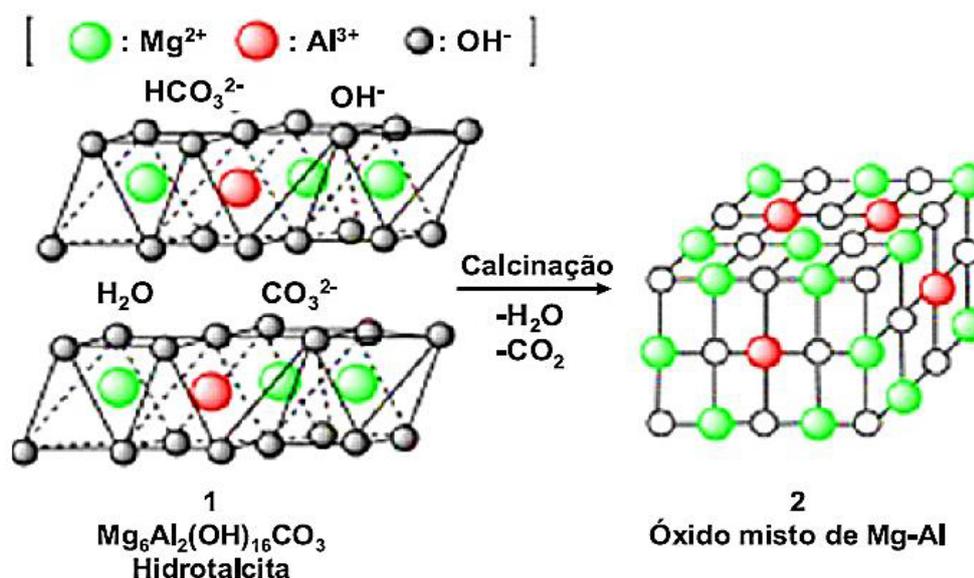


Figura 1: Estrutura antes da calcinação (1) e depois de calcinada (2). Adaptada de Reis (2009)

O simples contato do oxido formado com água ou a exposição a atmosfera pode fazer com a estrutura do oxido formado volte a sua forma original, porém para ocorrer a reconstrução da estrutura o oxido misto tem que ser bem formado (STANIMIROVA et al., 2004). A temperaturas muito altas (próximo a 1000°C) ocorre a formação de um composto do tipo espinélio (VELU et al., 1999), que é estável a exposição a atmosfera porém neste estágio o efeito memória não ocorre.

A regeneração decorrente da exposição à atmosfera deve-se à adsorção de umidade e  $CO_2$  do ar atmosférico (RODRIGUES, 2007). Quando adicionado em água, o ânion carbonato é proveniente da dissolução do  $CO_2$  atmosférico no solvente (WANG et al., 2007).

Os únicos sistemas de HDLs onde se é possível ocorrer o efeito memória são: Mg-Al, Zn-Cr e Zn-Al (KOOLI et al., 1997; WANG et al., 2007), a regeneração da estrutura nesses HDLs ocorre pois suas estruturas tem alto padrão de cristalinidade.

Repetidos ciclos de calcinação-hidratação causam a diminuição da quantidade de  $M^{3+}$  nas camadas do tipo brucita, logo, a diminuição da carga superficial ocasiona a perda da possibilidade de intercalação do ânion no espaço interlamelar. Além disso, repetidos de calcinação/regeneração ocasiona a existência da fase do óxido misto, mesmo quando o material é submetido “regeneração” (HIBINO et al., 1998).

A propriedade de regeneração da estrutura lamelar está sendo utilizada para a síntese de vários tipos de materiais, pois devido a isso é possível a intercalação de ânions orgânicos e inorgânicos (CHIBWE AND JONES, 1989).

Este trabalho tem como objetivo a síntese e a avaliação da regeneração dos hidróxidos duplos lamelares do tipo Mg/Al quando expostos a atmosfera.

## 2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### 2.1 Síntese de hidróxidos duplos lamelares (HDL)

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para a síntese de hidróxidos duplos lamelares. Os mais conhecidos são: coprecipitação ou método sal-base (podendo ser realizado a pH variável ou constante), método do sal-óxido, síntese hidrotérmica, substituição do ânion interlamelar (a partir de um precursor previamente preparado), entre outros (CREPALDI E VALIM, 1998).

Para a síntese da HDL Mg/Al tradicional, foi adotado o método da coprecipitação a pH variável, no qual foram preparadas duas soluções, A e B. A solução A constituiu de uma mistura de 18,89 g de  $\text{Al}(\text{NO}_3)_{3,9} \cdot \text{H}_2\text{O}$  e 25,65 g de  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  em 71,7 g de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada (relação Mg/Al = 2). Já para a solução B foram pesadas 14,11 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 10,10 g de NaOH e 113,30 g de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada.

A solução A foi adicionada a solução B lentamente por gotejamento sob agitação magnética constante a 78 °C. Ocorreu a formação de um gel branco (pH = 10) que foi mantido em agitação por 18h. Após esse tempo o gel foi filtrado a vácuo e lavado com água destilada até pH 7 e seco em estufa a 80 °C. Posteriormente o sólido foi submetido à análise de difração de raios X no equipamento/modelo Rigaku X-ray diffractometer.

### 2.2 Processo de calcinação

Para a decomposição dos íons interlamelares existentes ( $\text{OH}^-/\text{CO}_3^{2-}$ ), a HDL foi submetida ao processo de calcinação em mufla (Servilab N 1100) a 450 °C por 16h, o que provocou a eliminação total dos íons interlamelares e a condensação de todas as lamelas da estrutura da HDL formando um óxido misto. Para a confirmação da calcinação, o material obtido foi mandado para análise de difração de raios X.

Após o término do tempo de calcinação o material foi exposto à atmosfera para a análise do efeito memória.

### 2.3 Efeito memória

Para avaliação do efeito memória a HDL calcinada foi exposta a ação da atmosfera para desta maneira absorver os íons carbonato provenientes do  $\text{CO}_2$  atmosférico, para deste modo ocorrer a reconstrução da estrutura da HDL Mg/Al inicialmente sintetizada.

A HDL calcinada foi deixada exposta a atmosfera por tempos de 10 e 30 dias

para avaliação da reconstrução da sua estrutura, também foram avaliados os seus espaços interlamelares após cada teste, para avaliar a influência da calcinação neste quesito, calculados pela lei de Bragg (Equação 1).

$$(1) \quad \lambda = 2 \times d \times \text{sen}\theta$$

Onde:  $\lambda$ : comprimento de onda do feixe de raios X do Cu (1,54 Å), d: espaçamento basal (Å),  $\theta$ : ângulo de incidência.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise de difração de raios X

Para a confirmação da formação da HDL e da calcinação da mesma foi realizada uma análise de difração de raios X e os resultados obtidos comparados com a literatura. O resultados das análises estão representados nas Figuras 2 e 3.

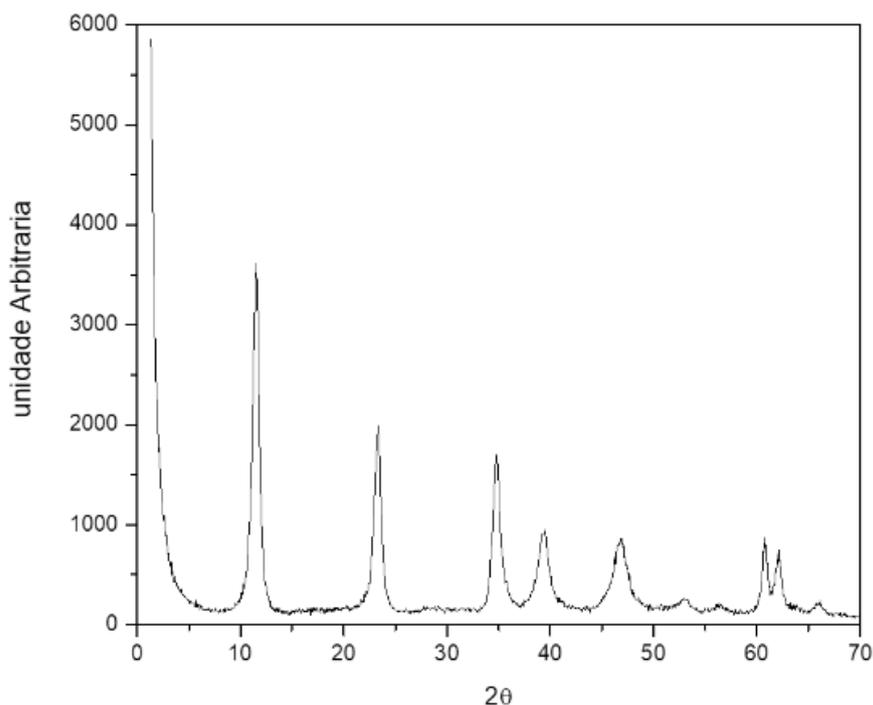


Figura 2: Análise de difração de raios X da HDL pura sintetizada.

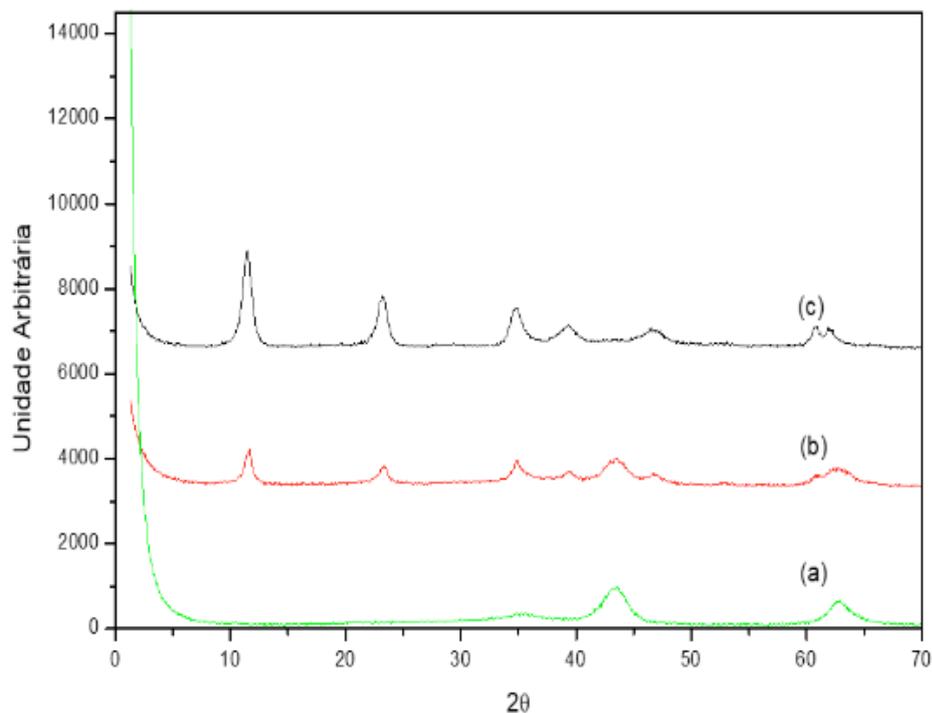


Figura 3: Análise de difração de raios X da HDL calcinada (a), exposta por 10 dias (b) e exposta por 30 dias (c).

Os resultados obtidos nas difrações de raios X confirmam a formação do material sintetizado e a ação do tempo em relação à regeneração da estrutura, obtendo, após 30 dias o material sintetizado inicialmente, porém com picos de cristalinidade menor intensidade, possivelmente correspondendo a uma menor taxa de cristalinidade.

### 3.2 Avaliação da exposição a atmosfera

Para avaliação da exposição foram feitas análises de DRX da HDL de 10 e 30 dias após ser colocada em exposição a atmosfera como mostrado na Figura 3. A partir deste dados é possível comprovar que o tempo é um fator importante em relação ao efeito memória, pois com apenas 10 dias de exposição a estrutura da HDL calcinada já havia sofrido uma pequena modificação mas nada muito significativo, já 30 dias após a exposição a estrutura da HDL estava regenerada, porém com uma menor intensidade em seus picos.

Já em comparação a modificação na estrutura, não ocorreu nenhuma, pois os espaçamentos basais, tanto da HDL inicialmente sintetizada e dela regenerada obtiveram o mesmo resultado que foi em torno de  $0,77\text{\AA}$ , comprovando assim que a regeneração não modifica a estrutura.

## 4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o efeito memória pode ser analisado através da análise de difração de raios x (DRX). Onde através destas podemos observar a diferença nos picos com o passar do tempo. Também conclui-se que o tempo é uma fator muito importante para a regeneração da estrutura da HDL pois somente após 30 dias é possível observar a formação de picos de maior intensidade quando comparado com a amostra de 10 dias exposta a atmosfera, porém, menos intensa que os picos apresentados pela estrutura da HDL inicialmente sintetizada.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, CNPq e a URI-Erechim

## 6 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

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

## REFERÊNCIAS

BATIANI, R.; ZONNO, I.V.; SANTOS, I.A.V.; HENRIQUES, C.A. MONTEIRO, L.F.; **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, n. 21, v. 2, pág. 193, 2004.

BRATERMAN, P. S., XU, Z. P. **Layered Double Hydroxides: Self-Assembly and Multiple Phases**. Dekker Encycl. Nanosci. Nanotechnology, Second Ed. 1841, 2009.

CARRADO, K. A., KOSTAPAPAS, A., SUIB, S. L. **Layered double hydroxides (LDHs)**. Solid State Ionics 26, 77–86, 1988.

CHIBWE, K.; JONES, W. J. **Chemic Society.**, Chem. Commun,” pág. 926, 1989

CREPALDI, E. L., VALIM, J. B., 1998. **Layered Double Hydroxides: Structure, Synthesis, Properties and Applications**. Quim. Nova 21, 300–311, 1998.

HIBINO, T., TSUNASHIMA, A. **Chemistry of Materials** n. 10, pág. 4055, 1998.

KOOLI, F.; DEPEGE, C.; ENNAQADI, A.; DE ROY, A.; BESSE, J.P. **Clays and ClayMinerals**, n. 45, pág. 92, 1997.

NEWMAN, A.C.D. 1987. **Chemistry of Clays and Clays Minerals**. Wiley-Interscience: New York, 1987.

REIS, M. J. **Síntese e Caracterização de Hidróxidos Duplos Lamelares Preparados na Presença de Polímeros Orgânicos ou com Macromoléculas Intercaladas**,” Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

RODRIGUES, J.C. **Síntese, Caracterização e Aplicações de Argilas Ânionicas do Tipo Hidrotalcita**, Dissertação De Mestrado, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2007.

STANIMIROVA, T.; PIPEROV, N.; PETROVA, N.; KIROV, G. 2004. **Clay Minerals**, n. 39, pág.177, 2004.

VACCARI, A. **Clays and catalysis: a promising future**. Appl. Clay Sci. 14, 161–198, 1999.

VELU, S.; SUZUKI, K.; OKASAKI, M.; OSAKI, T.; TOMURA, S.; OHASHI, F. **Chem. Mater.**, n. 11, v. 8, pág. 2163, 1999.

WANG, H.; CHEN, J.; CAI, Y.; JI, J.; LIU, L.; TENG, H.H. **Applied Clay Science** n. 35, pág. 59, 2007.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**Alan Mario Zuffo:** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-475-7

