

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias
2**

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^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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.^a Dr.^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-587-7 DOI 10.22533/at.ed.877190309 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 21 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais.

O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, em seu primeiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*”, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou

as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ONDULAÇÃO GEOIDAL NA MEDIÇÃO DE PONTOS SOBRE A SUPERFÍCIE FÍSICA	
Plinio Temba Júlia Couto Nogueira Vitoria Ellen da Silva Oliveira Marcelo Antonio Nero Marcos Antonio Timbó Elmiro Sandra Cristina Deodoro Daniel Henrique Carneiro Salim	
DOI 10.22533/at.ed.8771903091	
CAPÍTULO 2	14
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
DOI 10.22533/at.ed.8771903092	
CAPÍTULO 3	19
A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ECLIPSES E ESTAÇÕES DO ANO NO ENSINO MÉDIO	
Arilson Paganotti Marcos Rincon Voelzke Graciene Carvalho Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8771903093	
CAPÍTULO 4	29
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8771903094	
CAPÍTULO 5	41
O ENSINO DE MATEMÁTICA NA EJA: A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AS PRÁTICAS	
Janaina da Conceição Martins Silva Cibele Paula Silva Marta Aparecida Quintiliano Rabelo Vânia Lúcia Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.8771903095	
CAPÍTULO 6	51
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.8771903096	

CAPÍTULO 7 63

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR PARA FONTES LED RGB POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Thiago Lopes Quevedo
Filipe Melo Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.8771903097

CAPÍTULO 8 76

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS HIDROTALCITAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO MODIFICADAS COM FERRO (III) E CRÔMIO (III) SINTETIZADAS PELO MÉTODO DA PRECIPITAÇÃO POR HIDRÓXIDOS

Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Jusinei Meireles Stropa
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.8771903098

CAPÍTULO 9 88

CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA NA35 PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Alan Gabriel Adamczewski
Edson Cezar Grzebielucka
Eder Carlos Ferreira de Souza
Maria Elena Payret Arrúa
André Vitor Chaves de Andrade
Sandra Regina Masetto Antunes

DOI 10.22533/at.ed.8771903099

CAPÍTULO 10 101

EMBALAGENS: UM ESTUDO DE CASO DA SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SABONETES

Caroline de Souza Rodrigues
Carolina Laguna Pimenta
Laís Cabrerizo Vargas de Almeida
Marcos Vinícius Pereira da Costa
Sara Rudek
Raquel Teixeira Campos

DOI 10.22533/at.ed.87719030910

CAPÍTULO 11 108

ESTUDOS DOS PROCESSOS CORROSIVOS DO ALUMÍNIO AA 3003 EM MEIO DE ETANOL E GASOLINA

Mayara Soares
Carine Vieira
Cynthia Beatriz Fürstenberger
Danielle Borges
Danielle Cristina Silva Olizeski
Felipe Staciaki da Luz
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.87719030911

CAPÍTULO 12 120

EXTRAÇÃO, ANÁLISE E ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE OBTENÇÃO DE ERGOSTEROL EM RESÍDUOS DE *Ganoderma lucidum* (FR.) KRAST (GANODERMATACEAE)

Bianca de Araujo Ribeiro Rodrigues
Marcelo Telascrêa
Raquel Teixeira Campos
Oswaldo Luiz Gonçalves da Cunha
Márcia Ortiz Mayo Marques

DOI 10.22533/at.ed.87719030912

CAPÍTULO 13 132

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini
André Antunes da Silva
Bruno Henrique de Santana Gois
Jessyka Carolina Bittencourt
Clarissa de Almeida Olivati
Pedro Leonardo Silva
Vagner dos Santos
Wilson Silva Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.87719030913

CAPÍTULO 14 142

INVESTIGAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO ESTABILIZADO COM ZIRCÔNIO E SILÍCIO COMO MATRIZ PARA NOVOS DOPANTES

Natali Amarante da Cruz
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Silvanice Aparecida Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030914

CAPÍTULO 15 154

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRA DE CAPIM CAPETA: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Edil Silva de Vilhena
Edielson Silva de Vilhena
Rodrigo da Silva Magalhães Dias
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.87719030915

CAPÍTULO 16 167

MICROBALANÇA DE CRISTAL DE QUARTZO NO MONITORAMENTO DE REAÇÕES EM TEMPO-REAL

Cesar Augusto Tischer
Gina Alejandra Gil Giraldo

DOI 10.22533/at.ed.87719030916

CAPÍTULO 17 180

PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Rafael Rodrigues Gomes
Diego Martinez Prata
Lizandro de Sousa Santos

DOI 10.22533/at.ed.87719030917

CAPÍTULO 18 193

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BLENDAS DE POLI(CAPROLACTONA) E ACETATO DE CELULOSE CONTENDO ÁCIDO ASCÓRBICO

Sthefany Ananda Bruna Almeida Mendes
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Taisa Lorene Sampaio Farias
Catarina Barbosa Levy
Ivanei Ferreira Pinheiro
Walter Ricardo Brito
João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.87719030918

CAPÍTULO 19 202

SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL

Eliane Kujat Fischer
Vinícius Moreira Alves
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Silvanice Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030919

CAPÍTULO 20 214

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROALCITAS FOSFATADAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO POR COPRECIPITAÇÃO

Alberto Adriano Cavalheiro
Sabrina Vitor Gonçalves
Creuza Kimito Caceres Kawahara
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Graciele Vieira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.87719030920

CAPÍTULO 21 225

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO

Fábio Friol Guedes de Paiva

Vitor Peixoto Klienchen de Maria
Giovani Barrera Torres
Guilherme Dognani
Renivaldo José dos Santos
Flávio Camargo Cabrera
Aldo Eloizo Job

DOI 10.22533/at.ed.87719030921

SOBRE O ORGANIZADOR.....	235
ÍNDICE REMISSIVO	236

SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL

Eliane Kujat Fischer

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: fischerkeliane@gmail.com

Vinicius Moreira Alves

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: viniciusalves956@gmail.com.

Rafael Aparecido Ciola Amoresi

Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: rafaelciola@yahoo.com.br

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: zaghete@iq.unesp.br

Graciele Vieira Barbosa

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: grace.navi.21@gmail.com

Cintia Hisano

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: cintiahisano@yahoo.com.br

Silvanice Lopes dos Santos

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Instituto de Química.

Campo Grande – MS. E-mail: silvanicelopes@gmail.com

Lincoln Carlos Silva de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Instituto de Química.

Campo Grande – MS. E-mail: lincoln.oliveira@ufms.br

Alberto Adriano Cavalheiro

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: albecava@gmail.com

RESUMO: O titanato de cálcio e cobre é um dos materiais dielétricos com mais alta permissividade elétrica dentre todos os materiais desenvolvidos, tornando-o promissor para aplicações em uma série de dispositivos eletroeletrônicos. Além disso, este material ainda possui uma grande vantagem sobre os demais, é menos danoso ao meio ambiente, pois não contém metais pesados como chumbo, bismuto, bário ou estrôncio em sua composição, muito comuns na grande totalidade dos materiais ferroelétricos, piezoelétricos e dielétricos em geral, que apresentam propriedades comparáveis ao do titanato de cálcio e cálcio. Entretanto, a grande permissividade elétrica deste material depende da predominância da fase ortorrômbica com cristalinidade adequada, o que só pode ser conseguida tratando o material em altas temperaturas, em geral, acima de 1000°C, quando o método de síntese

é baseado em processos convencionais de mistura de óxidos e reação de estado sólido. Assim, neste trabalho, buscamos demonstrar o uso da metodologia Sol-Gel para a obtenção de um precursor gel e como a profusão de fases intermediárias tende a se estabelecer no material. Isto ocorre porque mesmo na etapa inicial de hidrólise da mistura de cátions, as diferentes características físico-químicas dos precursores hidroxilados de cálcio, cobre e titânio, fazem com que a etapa de secagem do gel ocorra de maneira diferenciada para cada componente. Foi proposto então o uso de complexantes, ajuste de pH e sequência diferenciada de adição dos precursores para contornar estas dificuldades e permitir a obtenção de um gel altamente homogêneo, que foi posteriormente tratado termicamente.

PALAVRAS-CHAVE: Perovskita, CCT, Cerâmica dielétrica, Método Sol-Gel.

SYNTHESIS OF THE PEROVSKITE STRUCTURE OF CALCIUM AND COPPER TITANATE AT LOW TEMPERATURE BY THE SOL-GEL METHOD

ABSTRACT: Calcium and copper titanate is one of the dielectric materials with the highest electrical permittiveness among all the materials developed, making it promising for applications in a series of electro-electronic devices. Moreover, this material still has a great advantage over the others, it is less harmful to the environment, since it does not contain heavy metals such as lead, bismuth, barium or strontium in its composition, very common in all ferroelectric, piezoelectric and dielectrics in general, which exhibit properties comparable to that of calcium and calcium titanate. However, the high electrical permittiveness of this material depends on the predominance of the orthorhombic phase with adequate crystallinity, which can only be achieved by treating the material at high temperatures, generally above 1000 °C, when the synthesis method is based on conventional mixing processes oxides and solid state reaction. Thus, in this work, we seek to demonstrate the use of the Sol-Gel methodology to obtain a precursor gel and how the profusion of intermediate phases tends to settle in the material. This is because even in the initial stage of hydrolysis of the cation mixture, the different physico-chemical characteristics of the hydroxylated precursors of calcium, copper and titanium, make the gel drying step different for each component. It was proposed the use of complexants, pH adjustment and differentiated addition sequence of precursors to overcome these difficulties and to obtain a highly homogeneous gel, which was subsequently heat treated.

KEYWORDS: Perovskite, CCT, Dielectric Ceramics, Sol-Gel Method.

1 | INTRODUÇÃO

As propriedades avançadas dos materiais dielétricos começaram a ser investigadas com a descoberta da piezoeletricidade no mineral titanato de cálcio, um mineral raro na natureza, mas de composição bem simples CaTiO_3 , denominado de Perovskita e com fórmula geral ABO_3 , onde A é um cátion grande com baixo estado

de oxidação e B é um cátion pequeno com alto estado de oxidação. É uma classe de material com propriedades dielétricas úteis para fabricação de componentes eletrônicos devido à presença de um dipolo elétrico permanente quando a estrutura é distorcida (COHEN et al., 1992; RAMÍREZ et al., 2009; NURAJE & SU, 2013).

Este fenômeno ocorre para uma série de combinação de cátions A^{+2} e B^{+4} , o qual pode ser calculado para a formulação de novas composições (COEY et al., 1999). Assim, a distorção da estrutura, responsável pela perda de sua simetria e ganho de dipolo permanente, é tolerável e ocorre porque os cátions A^{+2} pouco polarizáveis possuem poder de distorção sobre os octaedros BO_3^{-2} , deslocando o átomo central B^{+4} em direção a um dos vértices (Figura 1). O alinhamento da estrutura é função da orientação do campo elétrico, forçando sempre o cátion central a se mover para o polo negativo do campo elétrico aplicado (ABDELAL et al., 2012; LONGO et al., 2009).

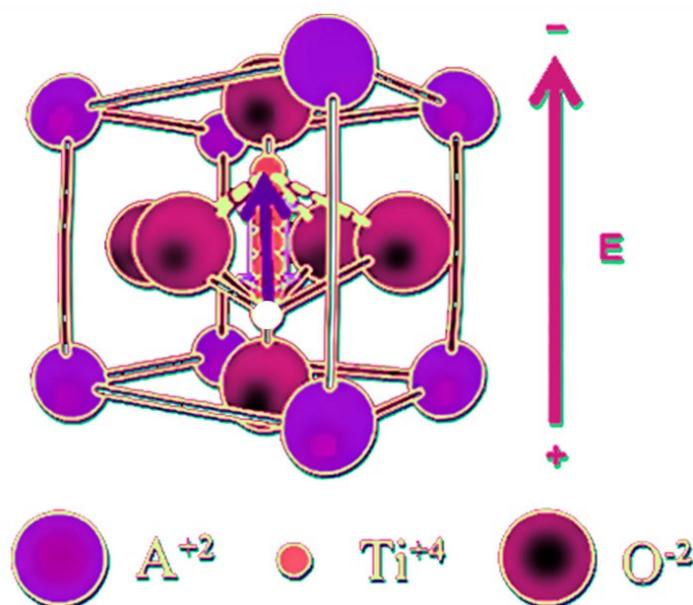


Figura 1: Estrutura Perovskita $ATiO_3$ de um dielétrico (em temperaturas abaixo de T_c), quando submetida a um campo elétrico externo.

Dependendo do fator de tolerância e outras características estruturais, os materiais ferroelétricos podem exibir diferentes temperaturas em que ocorrem as distorções e a formação do dipolo permanente. Para o titanato de cálcio, por exemplo, esta temperatura está em torno de 130°C , mas outros materiais só adquirem o dipolo permanente em temperaturas muito abaixo de zero (LAZAREVIC et al., 2009; HIRATSUKA et al., 1995).

Entretanto, se a temperatura de operação do material se distancia muito da temperatura de formação do dipolo permanente (acima ou abaixo) suas propriedades se deterioram. Por este motivo, novas composições são constantemente investigadas para tornar os materiais operacionais em uma faixa maior de temperatura (SIMÕES et al., 2008; RAMÍREZ et al., 2009).

Uma destas composições é o titanato de cobre e cálcio, onde os cátions de Ca^{+2} e Cu^{+2} ocupam o sítio A da estrutura em uma razão molar de $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$, respectivamente, gerando uma composição representada por $(\text{Ca}_{\frac{1}{4}}\text{Cu}_{\frac{3}{4}})\text{TiO}_3$. Apesar de ser uma estrutura muito similar a do titanato de cálcio CaTiO_3 , ela apresenta propriedades dielétricas muitíssimo superiores e, mesmo que o dipolo permanente surja somente abaixo de -70°C , suas propriedades não desaparecem até 130°C , coincidentemente, similar a temperatura de formação do dipolo na cerâmica de titanato de cálcio (WASER, 1999; COCKAYNE & BURTON, 2000; DIXIT et al., 2007).

Estas propriedades dielétricas são *única* e exclusiva para a proporção de cátions A de $\frac{1}{4}$ mol de Ca^{+2} para $\frac{3}{4}$ mol de Cu^{+2} , que acabam por gerar uma alternância de distorções associadas a diferenças de seus raios iônicos, tendo o cátion Ca^{+2} raio de $1,34 \text{ \AA}$ e o cátion Cu^{+2} , raio de $0,73 \text{ \AA}$ (SHANNON, 1976). Qualquer outra proporção e a estrutura se desagrega em uma mistura de fases de titanato de cálcio CaTiO_3 e titanato de cobre e cálcio $\text{Ca}_{\frac{1}{4}}\text{Cu}_{\frac{3}{4}}\text{TiO}_3$. Entretanto, mesmo apresentando alguma desagregação de fases, muitas aplicações são relatadas, como varistores de tensão em circuitos elétricos (CHI et al., 2014; RAMÍREZ et al., 2009; ANGI et al., 2014).

A obtenção do titanato de cobre e cálcio é difícil do ponto de vista da homogeneidade de fases intermediárias, pois mesmo que à escala macroscópica o material tenha as proporções molares requeridas para obtenção da fase $\text{Ca}_{\frac{1}{4}}\text{Cu}_{\frac{3}{4}}\text{TiO}_3$, ou seja $\frac{1}{4}$ mol de Ca^{+2} , $\frac{3}{4}$ mol de Cu^{+2} e 1 mol de Ti^{+4} , a cristalização da fase Perovskita é a que possui maior barreira energética de formação entre as diversas possibilidades de formação de fases intermediárias, como o carbonato de cálcio CaCO_3 , estável termicamente até 900°C e a tenorita CuO , com difusividade muito reduzida abaixo de 1000°C (LI et al., 1996; HOLLIDAY & STANISHEVSKY, 2004; LIDE, 2007).

Por isso, o processo de síntese deste tipo de material requer abordagens mais específicas, devido à estabilidade destes intermediários, pois se o precursor for calcinado em faixas intermediárias de temperatura ocorre sinterização de partículas, fechamento de poros e crescimento cristalino, o que faz com que as fases se cristalizem individualmente em larga escala e inviabilizem a obtenção da fase desejada (WEAST, 1981; COLPINI, 2005).

Deste modo, abordagens químicas de síntese, principalmente através do Método Sol-Gel, são preferidas frente a inúmeras outras, como mistura convencional de óxidos, mecanoquímica ou técnicas sofisticadas usando reatores e equipamentos de alta tecnologia. O método Sol-Gel é preferível mesmo a outros processos químicos que possuem maior carga orgânica. Isto porque, quanto mais orgânicos houver no precursor inicial, maior quantidade de carbonato de cálcio (WEAST, 1981; ARLT et al., 1985; ARIMA et al., 1996).

Para obtenção de materiais a base de titanatos, a utilização de reagentes especiais são requeridos, sendo o mais aplicável neste caso, o tetraisopropóxido de titânio IV $\text{Ti}(\text{OCHCH}_3)_4$. Utilizando alcóxidos de titânio, o subproduto da hidrólise será um álcool volátil que pode ser eliminado através de aquecimento em estufa.

Entretanto, a rota de síntese deve incluir a troca do ligante inicial em meio alcoólico, antes da inserção de água e componentes aquossolúveis ao sistema, o que é feito geralmente utilizando ácido acético como ligante substituinte e diluição do sistema Sol com álcool de cadeia curta, geralmente etanol. Durante a hidrólise do alcóxido de titânio em presença de água, os grupos alcóxidos do precursor de titânio são substituídos sequencialmente por grupos hidroxila provenientes da água adicionada para hidrólise (BRINKER & SCHERER, 1990; VALENTE et al., 2005).

Nas cerâmicas com estrutura Perovskita, os cátions A^{+2} são aquossolúveis, exigindo uma esfera de hidratação para sua estabilização em solução. Isto faz com que a estrutura tridimensional do gel de oxi-hidróxido de titânio em rede possui grandes espaços internos preenchidos com uma mistura de *íons e contra íons* hidratados (WEAST, 1981; LIDE, 2007).

Após a gelificação, os compostos voláteis são facilmente eliminados por secagem a 150°C por 24 horas, provocando a contração volumétrica do gel e dificultando a eliminação dos compostos menos voláteis. Por outro lado, os metais alcalinos terrosos e muitos dos metais de transição com baixo estado de oxidação são menos polarizáveis e se tornam muito estáveis na forma de sais e ou cátions hidratados, como o carbonato no carbonato hemibásico de cobre II (220°C), o acetato no acetato de cobre II (240°C), o nitrato no nitrato tribásico de cobre II (400°C), o hidróxido no hidróxido de cálcio (580°C) e o carbonato no carbonato de cálcio (900°C) (NASSAR et al., 2002; HOLLIDAY & STANISHEVSKY, 2004; DIXIT et al., 2007; LIDE, 2007; GU et al., 2012).

Para obtenção de materiais nanoparticulados, etapas de trituração em almofariz devem ser executadas para a quebra dos aglomerados iniciais formados ainda em baixas temperaturas, antes que a etapa de tratamento térmico provoque a extensa sinterização de partículas e o estabelecimento de fases refratárias em larga escala. A temperatura de tratamento térmico influencia significativamente no processo de cristalização e morfologia final do material, incluindo na estabilidade de fases segregadas, pois a contínua elevação da temperatura durante o tratamento térmico levará a decomposição sequencial destes intermediários (HIRATSUKA, 1995; LIDE, 2007; XU et al., 2015; HAN et al., 2016).

Por isso, o objetivo deste trabalho foi investigar a preparação de titanato de cálcio e cobre pelo Método Sol-Gel, seguido de tratamento térmico, objetivando entender o mecanismo de formação e transição de fases ao longo da temperatura de calcinação.

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O titanato de cálcio e cobre foi sintetizado pelo método Sol-Gel preparando-se inicialmente uma solução de complexo de acetato de cálcio e cobre acidificada com ácido nítrico em meio alcoólico. Esta solução foi adicionada a solução de complexo

de acetato de titânio proveniente da reação prévia de isopropóxido de titânio e ácido acético glacial e diluição com etanol. A relação molar de acetato complexo para metais foi de 4 : 1. Esta mistura estrou em hidrólise e foi gelificada por 72 horas em temperatura ambiente, depois o gel foi seco a 100°C, triturado e calcinado de 500 a 850°C por 4 h.

O xerogel foi caracterizado através de isotermas de adsorção-dessorção de nitrogênio a 77K em um equipamento da Micromeritics, modelo ASAP 2010. O volume e distribuição de tamanho de poros foram calculados pelo método BJH, enquanto a área específica foi calculada pelo método BET. Também foi caracterizado por análise térmica em equipamentos da TA Instruments, módulo TGA-Q50 (TG/DTG) e módulo DSC-Q20 (DSC), ambos com razão de aquecimento de 10°C min⁻¹ e fluxo de ar sintético seco.

O xerogel e as amostras calcinadas foram caracterizadas por difratometria de raios-x em um equipamento da marca Siemens, modelo D5005, utilizando radiação K-α de Cu filtrada com ferro e modo de varredura teta/2-teta e passo de 0,02 °(2θ) em um goniômetro vertical. Os padrões de difração obtidos foram analisados por comparação com o banco de dados de difração JCPDS, versão 2003 e as estruturas cristalinas das fases identificadas coletadas do banco de dados de estruturas cristalinas ICSD (2003), para execução do refinamento pelo Método de Rietveld (1969).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2.a pode ser observada a isoterma de adsorção-dessorção de nitrogênio a 77K e curva de distribuição de tamanho de poros BJH para o xerogel obtido a 100°C por 24 horas. Pode ser observado que ocorre adsorção em todo o intervalo de pressões relativas, o que está pertinente à presença de poros de reduzido diâmetro coexistindo com mesoporos e macroporos, como visualizado pela distribuição BJH (Figura 2.b).

O padrão de difração é mostrado na Figura 3 na forma de gráfico de Rietveld, comparando os difratogramas observado, calculado e residual. Há duas fases cristalinas, gehardtita, de composição $\text{Cu}_{1,5}\text{Ca}_{0,5}(\text{OH})_3\text{NO}_3$ e sistema ortorrômbico, com grupo espacial P212121 (JCPDS 84-599) e anatase TiO_2 , de sistema tetragonal, com grupo espacial I41/Amd (JCPDS 21-1272).

Na Figura 4 são apresentadas as curvas de análise térmica, com todos os eventos com caráter endotérmico. As duas primeiras perdas de massa (I e II) ocorrem próximas a 100°C, associadas à volatilização de compostos voláteis do processo de síntese, como o etanol e a água de hidratação dos íons e contra íons do sistema. A perda de massa III ocorre entre 210 e 320°C, relaciona-se a decomposição de nitratos e acetatos de cálcio e cobre.

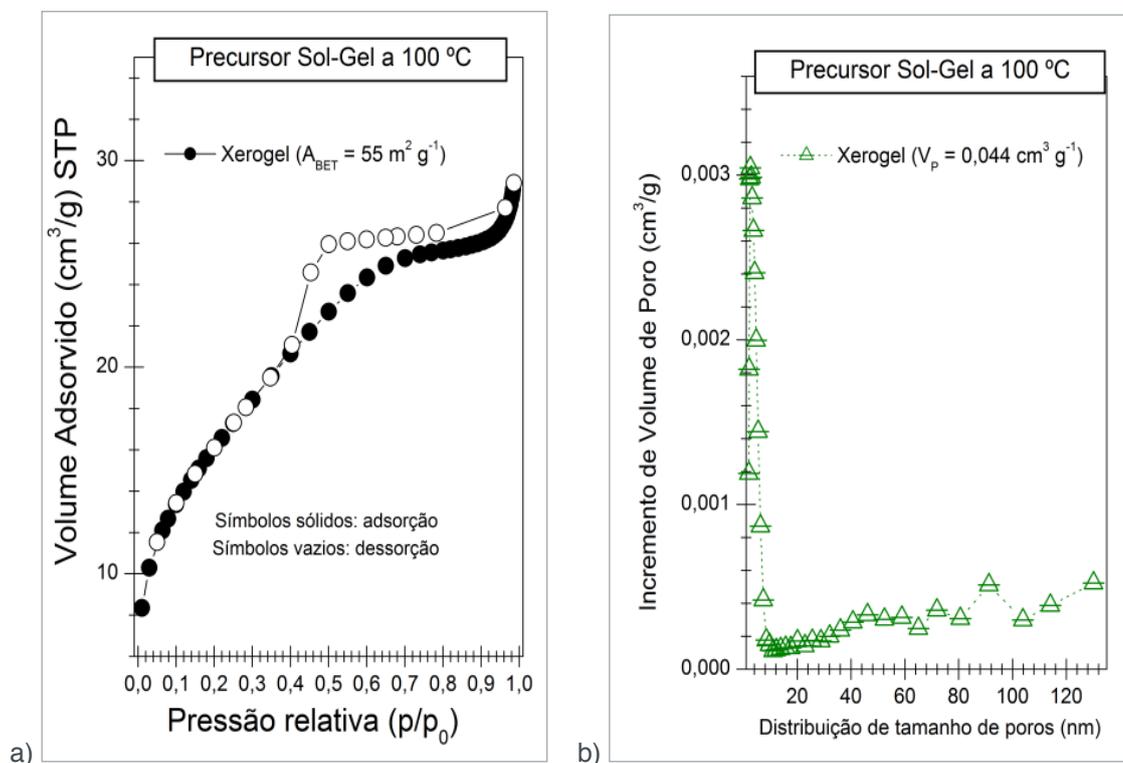


Figura 2. Isotherma de adsorção-dessorção de nitrogênio a 77K (a) curva de distribuição de tamanho do poros BJH (b) para o xerogel obtido a 100°C por 24 horas.

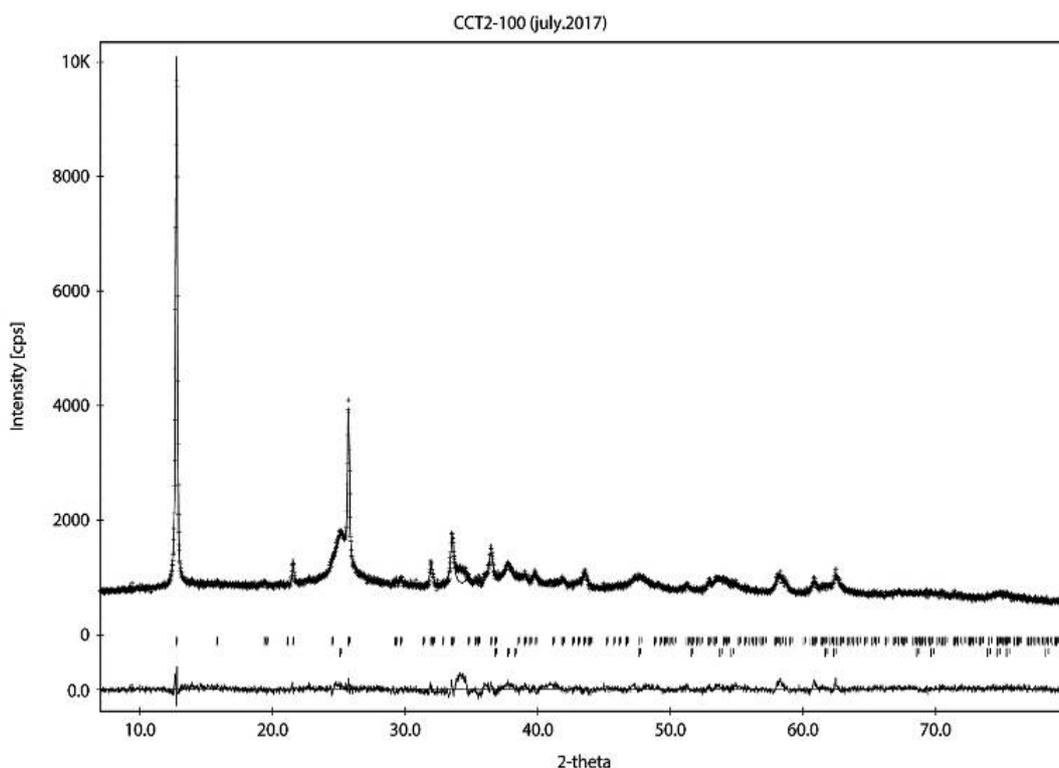


Figura 3: Gráfico de Rietveld para o precursor xerogel de titanato de cálcio e cobre.

A última perda de massa (IV) entre 320 e 420°C está relacionada ao processo de eliminação de resíduos orgânicos, principalmente de acetatos residuais e possui sobreposição com a última etapa, com caráter exclusivamente cinético, que ocorre

até 800°C, associada à eliminação de resíduos aprisionados na rede cristalina do material cerâmico. Na Tabela 1 são apresentados todos os valores de perda de massa nas curvas TG e DSC, com os respectivos intervalos de temperatura e as temperaturas de máxima perda, coletadas das curvas DTG.

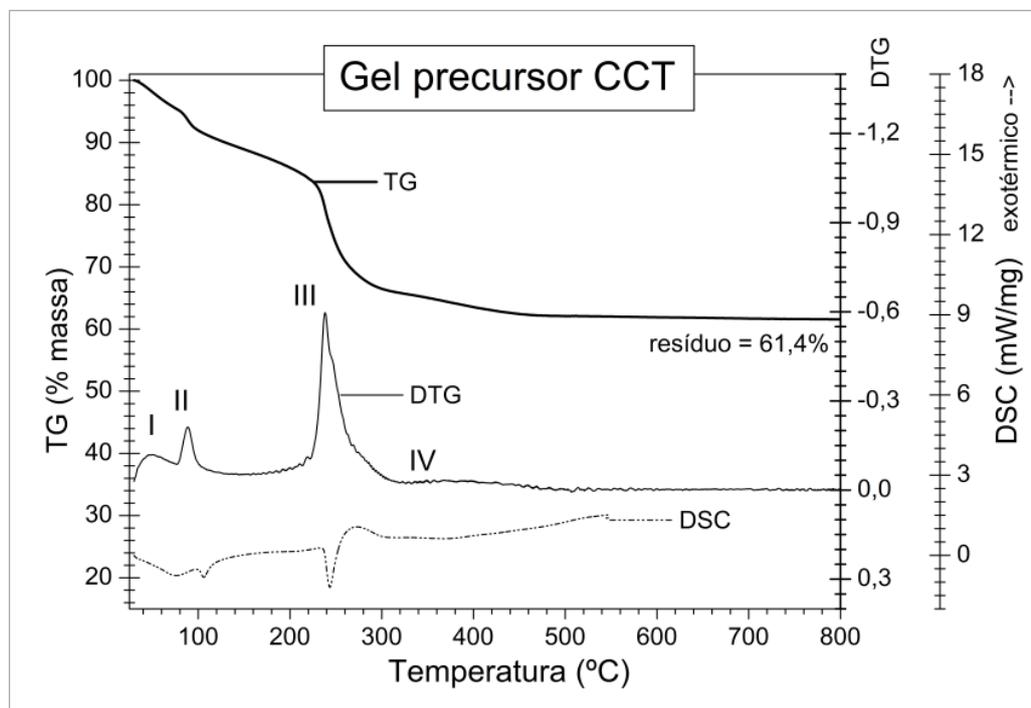


Figura 4. Análise Térmica (TG/DTG/DSC) do gel seco e triturado de titanato de cálcio e cobre.

Etapa	Evento	Gel precursor de CCT	
		TG	DSC
I	Volatilização etanol	16,6 %	30 a 150°C (endotérmico)
II	Evaporação de água	4,5 %	75 a 130°C (endotérmico)
III	Decomposição de nitratos metálicos	13,1 %	210 a 320°C (endotérmico)
IV	Decomposição de resíduos orgânicos	3,7 %	320 a 420°C (endotérmico)
V	Eliminação de resíduos na rede	0,7 %	-
Calcinado Final		61,4 %	

Tabela 1. Perdas de massa e caráter energético observados na análise térmica do gel precursor de CCT nas duas rotas investigadas.

A imagem do gel precursor xerogel seco a 100°C e triturado é mostrado na Figura 5.a, a qual apresenta uma coloração verde característica do cátion de cobre hidroxilado. Após a calcinação a 500°C (Figura 5.b), a coloração se torna levemente marrom, resultado da cor típica da mistura de partículas de óxido de cobre preto com óxidos brancos de titânio e cálcio (LIDE, 2007). Esta coloração da amostra calcinada persiste até 850°C e também é característica da fase Perovskita de titanato de cálcio e cobre.

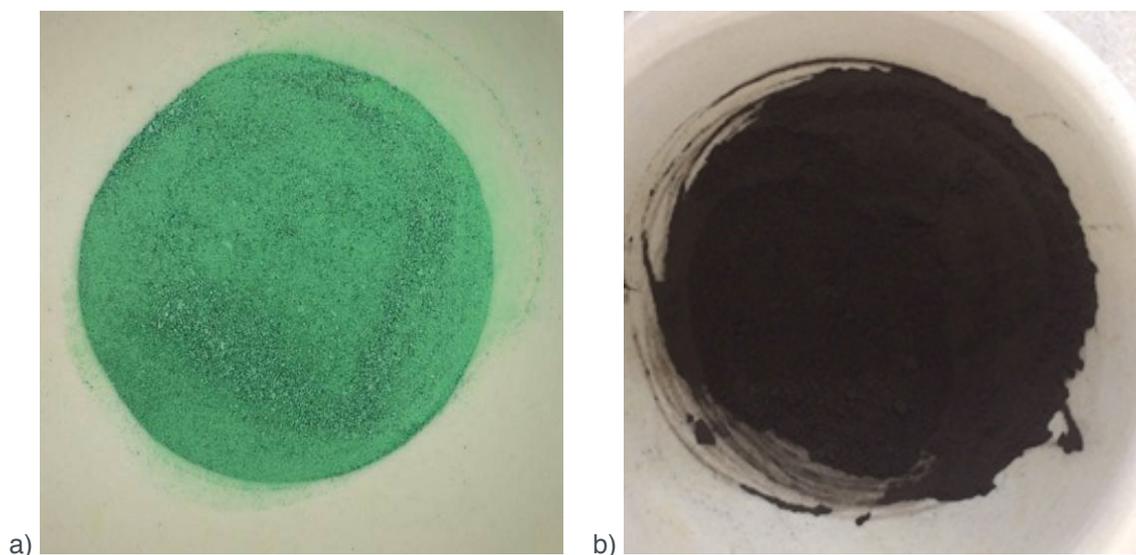
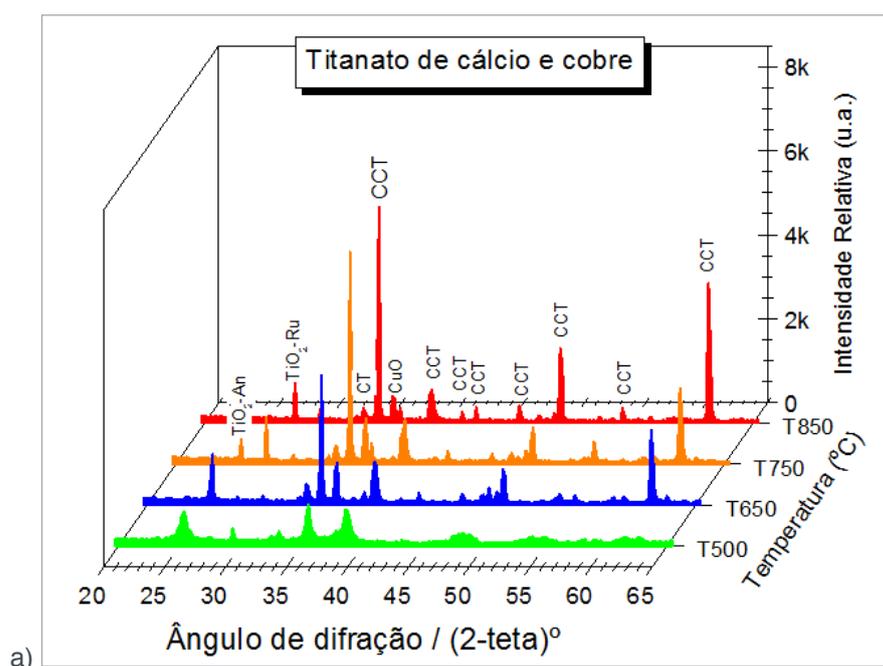


Figura 5. Imagem do xerogel precursor obtido a 100°C e triturado (a) e após a primeira etapa de calcinação a 500°C por 4 horas e novamente triturado (b).

A análise dos padrões de difração para as amostras calcinadas a 500, 650, 750 e 850°C por 4 horas, com identificação de fases e refinamento pelo método de Rietveld (Figura 6.a), mostrou que a decomposição dos sais de nitrato de cálcio e cobre hidratados contribuem para a formação das fases calcita e tenorita, o que prejudica a formação da fase Perovskita em baixas temperaturas.

Após consequentes tratamentos térmicos, ocorre a conversão da fase anatase em fase rutilo e também há a incorporação de cálcio originado da decomposição da calcita e, ainda que incertamente, o cobre da tenorita. Todo esse processo tem como resultado uma mistura de fases de titanato de cálcio e titanato de cálcio e cobre, com resíduos das fases inicialmente cristalizadas, como mostrado no gráfico de análise quantitativa de fase da Figura 6.b.



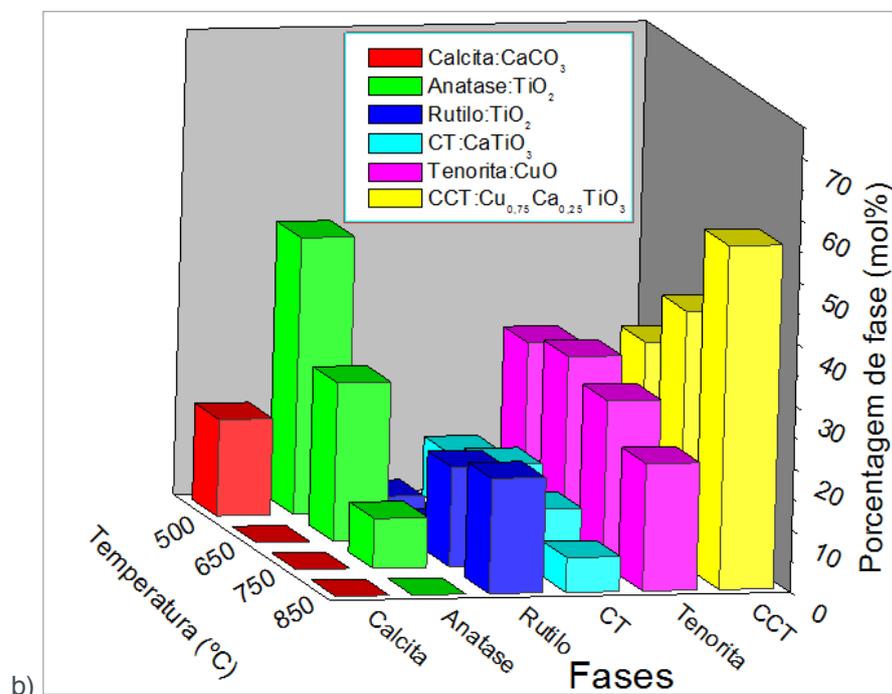


Figura 6. Padrões de difração de raios-X para o precursor xerogel calcinado a 500°C, 650°C, 750°C e 850°C por 4 horas (a) análise quantitativa de fases obtida pelo Método de Rietveld (b)

Em 650°C, a fase anatase TiO₂ sofre transição para rutilo de mesma composição TiO₂, mas mais refratária, mas parece que ambas são incorporadas pelas outras fases para formação da fase Perovskita. A calcita CaCO₃, apesar de estável até 900°C quando isolada, é consumida rapidamente para formação de titanato de cálcio CaTiO₃. Fica evidente, que a fase tenorita CuO é a fase limitante da reação de formação de fase Perovskita.

4 | CONCLUSÕES

O método Sol-Gel é capaz de gerar um precursor altamente reativo inicialmente, mas as barreiras energéticas favoráveis para fases intermediárias levam a dificuldades de obtenção da fase de titanato de cálcio e cobre. Estes aspectos, agora bem compreendidos, podem permitir a formulação de abordagens experimentais mais eficientes para a homogeneização de intermediários e impedir que a fase tenorita CuO se estabeleça no material precursor e inviabilize o procedimento de obtenção em baixas temperaturas.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT-MS, CNPq, CAPES, FINEP e PIBAP/UEMS pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABDELAL, O.A.A., HASSAN, A.A., ALI, M.E. Dielectric properties of calcium copper titanates ($\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$) synthesized by solid state reaction. **Arab Journal of Nuclear Science and Applications** 45(4), 354-361, 2012.
- ANGI, A.; SANLI, D.; ERKEY, C.; BIRER, O. Catalytic activity of copper (II) oxide prepared via ultrasound assisted Fenton-like reaction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, n. 2, p. 854-859, 2014.
- ARIMA, M.; KAKIHAMA, M.; NAKAMURA, Y.; YASHIMA, M.; YOSHIMURA, M. Polymerized complex route to barium titanate powders using barium-titanium mixed-metal citric acid complex. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 79, n.11, p. 2847-2856, 1996.
- ARLT, G.; HENNINGS, D.; DEWITH, G. Dielectric-properties of fine-grained barium-titanate ceramics. **Journal of Applied Physics**, v.58, n.4, p.1619-1625, 1985.
- BRINKER C. J., SCHERER G.W. **Sol-Gel science: The physics and chemistry of Sol-gel processing**, Academic Press, San Diego, 1990.
- CHI, Q., SUN, J., ZHANG, C., LIU, G, LIN, J., WANG, Y., WANG, X., Q. Enhanced dielectric performance of amorphous calcium copper titanate/polyimide hybrid film. **Journal of Materials Chemistry** 2 172–177, 2014.
- COCKAYNE, E.; BURTON, B. P. Phonons and static dielectric constant in CaTiO_3 from first principles. **Physical Review B**, v. 62, p. 3735-3743, 2000.
- COEY, J. M. D., VIRET, M., VON MOLNAR, S. Mixed-valence manganites. **Advances in Physics**, v. 48, p. 167-293, 1999.
- COHEN, R. E. Origin of ferroelectricity in perovskite oxides. **Nature**, v. 358, n. 6382, p. 136-138, 1992.
- COLPINI, L. M. S.; **Estudo e aplicações dos óxidos SiO_2 , TiO_2 e Al_2O_3 e dos óxidos mistos $\text{V}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$, $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ e $\text{V}_2\text{O}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$ obtidos pelo método Sol-Gel**. 2005. Dissertação (Mestrado em Química), - UEM, Maringá-PR.
- DIXIT, A.; MAURYA, D; SINGH, D. P.; AGRAWAL, D. C.; MOHAPATRA, Y. N. Dielectric properties of Sol-gel-derived calcium copper titanate and calcium barium copper titanate thin films. **Defence Science Journal**, v. 57, n. 1, p. 55-60, 2007.
- GU, Y.; RABE, K.; BOUSQUET, E.; GOPALAN, V.; CHEN, L. -Q. Phenomenological thermodynamic potential for CaTiO_3 single crystals. **Physical Review B**, v. 85, n. 064117, p. 1-10, 2012.
- HAN, W.; YOO, B.; PARK, H. -H. Barium titanate nanoparticles formed by chlorine-free ambient condition sol process using tetrabutylammonium hydroxide. **Journal of Nanomaterials**, v. 2016, n. 8205864, p. 1-7, 2016.
- HIRATSUKA, R. S.; SANTILLI, VALENTIM C.; PULCINELLI, S. H.. O processo sol gel: uma visão físico-química. **Quimica Nova**, v. 18, n. 2, p. 171-180, 1995.
- HOLLIDAY, S.; STANISHEVSKY, A. Crystallization of CaTiO_3 by sol-gel synthesis and rapid thermal processing. **Surface and Coatings Technology**, v. 188-189, p. 741-744, 2004.
- ICSD - **Inorganic Crystal Structure Database**. Version 1.3.1, 2003.
- JCPDS - **Joint Committee on Powder Diffraction Standards/International Center for Diffraction Data**. Powder Diffraction File, Pennsylvania, 2003.

- LAZAREVIC, Z. Z.; BOBIC, J.; ROMCEVIC, N. Z.; PAUNOVIC, N.; STOJANOVIC, B. D. Study of barium bismuth titanate prepared by mechanochemical synthesis. **Science of Sintering**, v. 41, p. 329-335, 2009.
- LI, S.; EASTMAN, J. A.; LI, Z.; FOSTER, C. M.; NEWNHAM, R. E.; CROSS, L. E. Size effects in nanostructured ferroelectrics. **Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics**, v. 212, n. 6, p. 341-346, 1996.
- LIDE, D. R. **Handbook of Chemistry and Physics**, 87 ed., Taylor and Francis, Boca Raton, 2007.
- LONGO, E., VARELA, J. A., RAMÍREZ, M. A., BUENO, P. R. **Composições varistoras à base de óxido misto de cálcio, cobre e titânio (CCTO) e titanato de cálcio (CaTiO₃) e respectivo método de obtenção de blocos varistores**. Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/108973>> Acesso em 15 de abril de 2019.
- NASSAR, E. J.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L.. Influência da catálise ácida e básica na preparação da sílica funcionalizada pelo método sol-gel. **Química Nova** 25 1 27-31, 2002.
- NURAJE, N.; SU, K. Perovskite ferroelectric nanomaterials. **Nanoscale**, v. 5, n. 19, p. 8752–8780, 2013.
- RAMÍREZ, M. A., BUENO, P. R., TARARAM, R.; CAVALHEIRO, A. A.; LONGO, E.; VARELA, J. A. Evaluation of the effect of the stoichiometric ratio of Ca/Cu on the electrical and microstructural properties of the CaCu₃Ti₄O₁₂ polycrystalline system. **Journal Applied Physics D: Applied Physics**, v. 42, n. 185503, p. 1-8, 2009.
- RIETVELD, H. M. Profile refinement method for nuclear and magnetic structures. **Journal Applied Crystallography**, n.10, p.65-71, 1969.
- SHANNON, R. D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. **Acta Crystallographic**, n. A32, p.751-767, 1976.
- SIMÕES, A. Z., STOJANOVIC, B. D., RAMIREZ, M. A., CAVALHEIRO, A. A. LONGO, E., VARELA, J. A. Lanthanum-doped Bi₄Ti₃O₁₂ prepared by the soft chemical method: Rietveld analysis and piezoelectric properties. **Ceramics International**, v. 34, p. 257-261, 2008.
- VALENTE, J. P. S.; ARAÚJO, A. B.; BOZANO, D. F.; PADILHA, P. M.; FLORENTINO, A. O. Síntese e caracterização textural do catalisador CeO₂/TiO₂ obtido via sol-gel: fotocatalise do composto modelo hidrogenoftalato de potássio. **Eclética Química**, v. 30, n. 4, p. 7-13, 2005.
- WASER, R. Modeling of electroceramics – applications and prospects. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 19, n. 6, p.655-664, 1999.
- WEAST, R. C. **Handbook of chemistry and physics**. 62nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1981.
- XU, Z., QIANG, H., CHEN, Z., CHEN, Y., Dielectric behavior of Ba-doped CaCu₃Ti₄O₁₂ ceramics prepared from citrate-nitrate combustion derived powders, **Journal of Materials Science: Materials in Electronics** 26:1 578.582, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Argila aniônica 76
Astronomia 19, 20, 21, 23, 27, 28
Ativação ácida 88, 90

B

Biocompósitos 225

C

CCT 203, 209
Cerâmica dielétrica 203
Combustível 119
Compósitos poliméricos 155

D

Dissipação de calor 63

E

Eclipses 19, 20
Educação em tempo integral 29
Eletrofiação 9, 132
Embalagem 101, 106, 107
Ensino de matemática 29
Ergosterol 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129
Espectrofotometria 120, 125
Etanol 109, 114, 115, 118, 119, 184, 185, 187, 188, 191

F

Filmes 173, 174, 193
Filmes poliméricos 193
Formação de professores 41

G

Ganodermalucidum 130

M

Método Sol-Gel 144, 203, 205, 206
Modelagem 63

N

Nanofibras 134, 136

O

Oficina 14, 16, 18
Ondulação geoidal 6, 10, 11

Origami modular 29

P

Padrão 10, 51, 126

Perfilamento laser 1

Perovskita 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211

Potenciação 51

Proporção 51, 61

S

Sabonetes 101

Semicondutor 143

Simulação computacional 63

Sohxlet 120, 121

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-587-7



9 788572 475877