

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

2021 by Editora Artemis
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo*
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*
Prof.^a Dr.^a Emilias Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.^ª Dr.^ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Prof.^ª Dr.^ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.^ª Dr.^ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^ª Dr.^ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco
Prof.^ª Dr.^ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.^ª Dr.^ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.^ª Dr.^ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista
Prof.^ª Dr.^ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás
Prof.^ª Dr.^ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe
Prof.^ª Dr.^ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto
Prof.^ª Dr.^ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão
Prof.^ª Dr.^ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
Prof.^ª Dr.^ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras
Prof.^ª Dr.^ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense



Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras
Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande
Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

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

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico [livro eletrônico] / Organizador Leinig Antonio Perazolli. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-52-1

DOI 10.37572/EdArt_201221521

1. Ciência – Brasil. 2. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais. I. Perazolli, Leinig Antonio.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

APRESENTAÇÃO

A publicação intitulada **“Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico”** faz uma coletânea de resultados científicos, em diferentes áreas do conhecimento, exemplificando um modelo para a abordagem dos problemas relacionados ao desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico da sociedade atual.

A obra se justifica ao apresentar caminhos para se atingir soluções positivas frente às grandes e variadas dificuldades que estamos observando nas últimas décadas, decorrentes de ações comerciais, do desejo de consumo e ao fato que as fontes são finitas, porém os desejos humanos não. Estas ações comerciais levam à destruição ambiental, massificação cultural e a problemas socioeconômicos devido à diferença de renda e ao aumento da frequência de desastres ambientais, os quais geram grandes prejuízos financeiros e humanos.

A obra se inicia relatando o estado da arte sobre o consumo ético, avança para a descrição da vulnerabilidade e do emprego sustentável de ecossistemas. Destaca a função dos processos de educação, peça fundamental para a evolução sustentável de qualquer sociedade e a importância da interrelação entre os municípios de diferentes países para a busca de objetivos comuns.

Na continuidade temos exemplos de resultados científicos positivos para o uso de tecnologias em diferentes áreas do conhecimento, desde o uso de micro-organismos e sementes para a produção de óleos e energia, tratamentos e recuperação de resíduos de minerais e propostas científicas avançadas nas áreas de separação líquido-líquido, magneto eletrônica e varistores. A obra também ilustra as consequências das ações negativas praticadas pela ação humana. Cabe destacar que se estas ações não forem evitadas, corrigidas e/ou readequadas as consequências dos desastres ambientais, com reflexos negativos em todas as áreas, poderão se tornar irreversíveis em questão de décadas.

A importância deste livro reside ao indicar caminhos para fomentar o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico de forma sustentável.

Quero externar meus sinceros agradecimentos aos autores dos trabalhos científicos e à Editora Artemis, pela organização desta obra.

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
UNESP – Instituto de Química de Araraquara/SP

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSUMO ÉTICO EN LA ÚLTIMA DÉCADA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Javier Solano

David Zaldumbide Peralvo

Delia García Vences

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215211

CAPÍTULO 2..... 18

VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATO EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO (ESPAÑA) MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO LU-IV

Mercedes Arauzo Sánchez

María Valladolid Martín

Gema García González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215212

CAPÍTULO 3..... 36

ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO, DE LO NACIONAL A LO REGIONAL, SANTANDER UNA APUESTA

Mónica María Pacheco Valderrama

Olga Cecilia Alarcón Vesga

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215213

CAPÍTULO 4..... 47

O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E A REALIDADE TECNOLÓGICA VIVENCIADA PELOS ALUNOS E PROFESSORES EM DUAS ESCOLAS DE PELOTAS- RS

Elis Regina Madeira da Porciúncula

Marcos Antonio Anciuti

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215214

CAPÍTULO 5..... 69

UNIVERSIDADES Y LA APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHILE

Juan Ramón Contreras González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215215

CAPÍTULO 6..... 89

COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA DE CONTROL INTERNO Y EXTERNO MUNICIPAL ENTRE ECUADOR Y ARGENTINA

Verónica Ponce

Carlos Albert Ferreira

José Townsend

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215216

CAPÍTULO 7..... 103

EL USO DE LA BIOMASA DEL HONGO *Aspergillus niger* PARA LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Ismael Acosta Rodríguez

Nancy Pacheco Castillo

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Francisco Navarro Castillo

Erika Enríquez Domínguez

Juana Tovar Oviedo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215217

CAPÍTULO 8..... 114

INFLUENCIA DE LA ENVOLVENTE CON BAJOS NIVELES DE TRANSMITANCIA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN CLIMAS CÁLIDOS

María Victoria Mercado

Celina Filippín

Gustavo Barea

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215218

CAPÍTULO 9.....134

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA CUPRITA SINTETIZADA POR RUTA QUÍMICA

Orfelinda Avalo Cortez

David Pedro Martínez Aguilar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215219

CAPÍTULO 10.....147

ACEITE DE LA SEMILLA DE AGUACATE, UNA REVISIÓN DESDE SUS POTENCIALIDADES

Lina González Asías

Amelia Espitia Arrieta

Jennifer Lafont Mendoza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152110

CAPÍTULO 11.....159

ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE *Moringa oleifera* Lam Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA: UNA REVISIÓN TEÓRICA

Jennifer Lafont Mendoza

William Negrete Humanez

Amelia Espitia Arrieta

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152111

CAPÍTULO 12.....171

ZONAS DE INFLUENCIA GENERADAS POR PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN EN CAMPO DEL MATERIAL ROCOSO

Ernesto Patricio Feijoo Calle

Andrés Nicolás Aguirre Larriva

Bernardo Andrés Feijoo Guevara

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152112

CAPÍTULO 13..... 186

CARACTERIZACIÓN Y FLOTACIÓN DE APATITA CONTENIDAS EN RELAVE DE HIERRO

Luis Valderrama

Mario Santander

Oswaldo Gómez

Patricia Tapia
Patricio Muñoz
Bruno Zazzali

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152113

CAPÍTULO 14.....193

ESTUDO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE ALUMÍNIO E RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS POR SINTERIZAÇÃO AO AR NATURAL

Affonso Henrique Alves Ribeiro
Margarida Márcia Fernandes Lima
Rhelman Rossano Urzedo Queiroz
Rosa Malena Fernandes Lima

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152114

CAPÍTULO 15.....214

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO APLICADA AO PROCESSO DE REFINO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Gabriel Manso Kozlowski Pitombeira
Leinig Antonio Perazolli
Elias de Souza Monteiro Filho

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152115

CAPÍTULO 16..... 227

EVIDENCING THE MAGNETOELECTRIC COUPLING IN BI1-XNDXFE03 COMPOSITIONS THROUGH FERROIC CHARACTERIZATIONS

Anuar Jose Mincache
Lilian Felipe da Silva Tupan
Odair Gonçalves de Oliveira
Ivair Aparecido dos Santos
Luiz Fernando Cótica

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152116

CAPÍTULO 17234

EFEITO DO COBALTO E ZINCO EM VARISTORES À BASE DE SnO₂

Glauco Meireles Mascarenhas Morandi Lustosa
João Paulo de Campos da Costa
Leinig Antônio Perazzoli
Biljana Stojanovic

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Elson Longo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152117

CAPÍTULO 18.....250

GRADUAÇÃO HISTOLÓGICA DOS GLIOMAS PELA ANÁLISE DA PERMEABILIDADE MICROVASCULAR POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Pedro Henrique Raffa de Souza

Rodrigo de Oliveira Plotze

Lucas Giansante Abud

Carolina Baraldi Araújo Restini

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152118

CAPÍTULO 19.....270

MONITORAMENTO DE ENCALHES DE ANIMAIS MARINHOS NA GESTÃO DA PESCA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Viviane Korres Bisch

Roberto Sforza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152119

SOBRE O ORGANIZADOR.....280

ÍNDICE REMISSIVO281

CAPÍTULO 17

EFEITO DO COBALTO E ZINCO EM VARISTORES À BASE DE SnO₂

Data de submissão: 10/09/2021

Data de aceite: 28/09/2021

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Instituto de Química de Araraquara

Universidade Estadual Paulista

Araraquara - SP

<http://lattes.cnpq.br/3233942511496583>

Elson Longo

Universidade Federal de São Carlos

São Carlos - SP

<http://lattes.cnpq.br/9848311210578810>

**Glauco Meireles Mascarenhas Morandi
Lustosa**

Instituto de Química de Araraquara

Universidade Estadual Paulista

Araraquara - SP

<http://lattes.cnpq.br/1197348944362139>

<https://orcid.org/0000-0002-5069-4544>

João Paulo de Campos da Costa

Instituto de Química de Araraquara

Universidade Estadual Paulista

Araraquara - SP

<http://lattes.cnpq.br/8858936007411264>

Leinig Antônio Perazzoli

Instituto de Química de Araraquara

Universidade Estadual Paulista

Araraquara - SP

<http://lattes.cnpq.br/3822723627284619>

Biljana Stojanovic

Institute for Multidisciplinary Research

University of Belgrade

Belgrado - Sérvia

<https://orcid.org/0000-0002-7484-9555>

RESUMO: De acordo com dados da Agência Nacional de Mineração o Brasil possui a quarta maior reserva do mundo de estanho, sendo o 6º maior produtor mundial de SnO₂ (com pureza analítica 99,9%). Sendo assim é necessário o conhecimento de processamento do estanho para a obtenção de novos materiais a partir de uma matéria prima nacional para ter aplicação tecnológica, como exemplo os dispositivos varistores, que tem importante função protetora em equipamentos eletrônicos contra picos de tensão no sistema de energia elétrica. Neste trabalho preparamos filmes espessos através da técnica de deposição eletroforética de dois sistemas nanoparticulados [(Zn,Nb)-SnO₂ e (Co,Nb)-SnO₂] sintetizados por rota química, seguido por sinterização via microondas e aplicação de íons cromo para difusão e modificação da barreira de potencial formada para funcionalização como varistor. O sistema dopado com cobalto e sinterizado em atmosfera de O₂ apresentou melhor resultado

de coeficiente de não-linearidade (α) entre 11,4 e 15,1; tensão de ruptura ($V_R < 245$ V) e corrente de fuga ($I_F \sim 10^{-8}$ A/cm²), valores estes que indicam sua potencialidade aplicação como varistor de baixa tensão.

PALAVRAS-CHAVE: Óxido de estanho. Deposição Eletroforética. Difusão de Cromo. Sinterização Microondas Varistores.

CO- AND ZN- EFFECT ON SnO₂-BASED VARISTOR

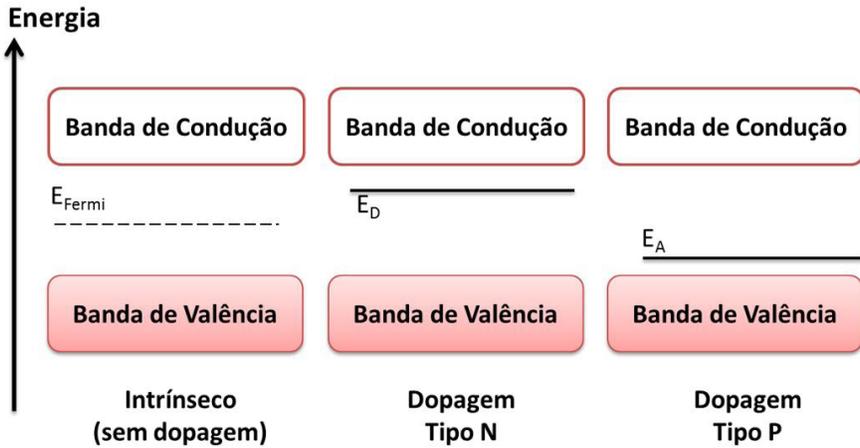
ABSTRACT: According to the National Mining Agency, Brazil has the fourth largest tin reserve in the world, being the 6th largest world producer of SnO₂ (with analytical purity 99.9%). Therefore, the knowledge/expertise of tin processing is necessary to obtain new materials from a national raw material to have technological application, such as varistor devices, which have an important protective function in electronic equipment against voltage peaks in the power system electric. In this work we prepare thick films using the electrophoretic deposition technique of two nanoparticulate systems [(Zn,Nb)-SnO₂ and (Co,Nb)-SnO₂] synthesized by chemical route, followed by microwave sintering and application of chromium ions for diffusion and modification of the potential barrier formed for functionalization as a varistor. The system doped with cobalt and sintered in an O₂ atmosphere showed the best result for the non-linearity coefficient (α) between 11.4 and 15.1; breakdown voltage ($V_R < 245$ V) and leakage current ($I_F \sim 10^{-8}$ A/cm²), values that indicate its potential application as a low voltage varistor.

KEYWORDS: Tin dioxide. Electrophoretic deposition. Chromium diffusion. Microwave sintering. Varistors.

1 INTRODUÇÃO

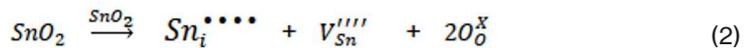
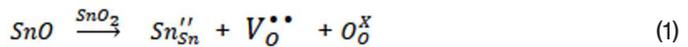
O dióxido de estanho puro é classificado como um semicondutor do tipo n, apresentando condução eletrônica intermediária entre os elementos condutores e isolantes, ou seja, apresenta uma região de energia proibida (E_{gap} ou E_g , *band gap*) entre as bandas de valência e a banda de condução na faixa de 1 eV até 5 eV. A introdução de dopantes para modificação da estrutura eletrônica do SnO₂ pode ser realizada na etapa de síntese dos semicondutores e podem ser de elementos que tenha um excesso de elétrons (gerando um nível de energia doadora de elétrons E_D - dopagem do tipo n) ou por elementos com menor quantidade de elétrons (neste caso gerando buracos em um nível de energia aceitador de elétrons E_A - dopagem do tipo p), em relação ao semicondutor em questão. Os defeitos gerados alteram o nível da Energia de Fermi (energia do nível ocupado mais energético em um sistema quântico fermiônico à temperatura de zero absoluto) dentro da estrutura eletrônica, como mostrado na Figura 1. (VIANA JUNIOR, 2014)

Figura 1 - Representação da estrutura das bandas dos tipos de semicondutores de acordo com o tipo de dopagem.

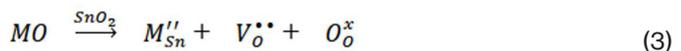


Fonte: o autor.

A condução eletrônica no SnO_2 ocorre pela presença de defeitos intrínsecos (vacância de oxigênio, átomos de estanho intersticiais) e também por defeitos originários a partir da adição de dopantes em sua estrutura que vão atuar como aceitadores ou doadores de elétrons (LEITE et al., 2010), como mostra as Equações 1 e 2. A notação utilizada foi a de Kröger e Vink.



Dopantes bivalentes (tipo-p) como, por exemplo, CoO (PUNGINSANG et al., 2015), ZnO (LEE, H. et al., 2006), CuO (CHOI et al., 2013), substituem os íons de estanho na rede cristalina e atuam gerando defeitos aceitadores de elétrons (como vacância de oxigênio), como mostrado na Equação 3, e induzem o transporte de massa na rede, aumentando a densificação e crescimento de grãos na etapa sinterização (altas temperaturas). Os defeitos do tipo M''_{Sn} capturam os elétrons liberados por outros dopantes e criam uma barreira de potencial na região de contorno de grão, contribuem para o aumento da resistividade do SnO_2 .

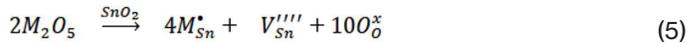


Dopantes trivalentes (tipo-p), por exemplo Cr_2O_3 (ZANG, G.-Z. et al., 2014), Er_2O_3 (QI et al., 2005), Sc_2O_3 (ZANG, G. et al., 2004), também atuam como aceitadores de elétrons e tem principal atuação na região de contorno de grão aumentando a resistividade,

devido a uma maior adsorção de espécies aceitadores de elétrons na superfície do grão, contribuindo para o aumento da barreira de potencial formada na região, como mostra a Equação 4.



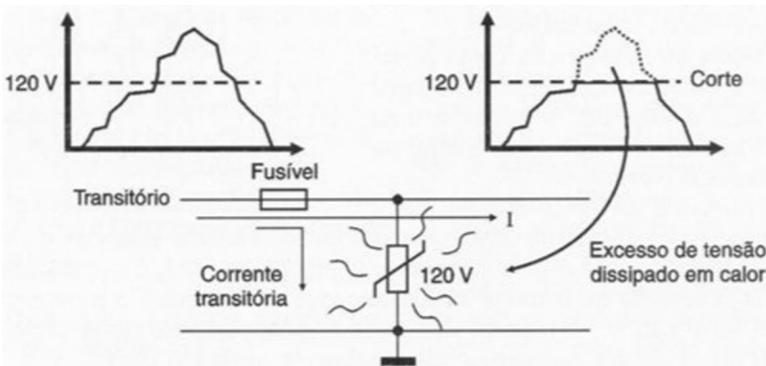
Dopantes pentavalentes (tipo-n) como, por exemplo, Nb_2O_5 (BRANKOVIC et al., 2004), V_2O_5 (GAPONOV et al., 2007), Ta_2O_5 (DHAGE; RAVI; YANG, 2008), doam elétrons para a rede cristalina, geram vacâncias de estanho, e contribuem para elevar a condutividade elétrica devido ao aumento da concentração de elétrons, como demonstrado na Equação 5.



Neste trabalho foi realizado o estudo da síntese e processamento do dióxido de estanho dopado através de rota química úmida para a obtenção de um pó nanoparticulado, conformado como filme espesso através da deposição eletroforética (EPD), com posterior tratamento térmico em forno microondas. Ao filme sinterizado realizou-se deposição de íons cromo, também via EPD, para modificação da barreira de potencial, e realizada as caracterizações pertinentes para a verificação da influência da modificação do dopante bivalente durante a etapa de sinterização e na obtenção de sua propriedade elétrica para aplicação como varistor.

Um varistor é um dispositivo elétrico utilizado como protetor em equipamentos eletrônicos quando ocorre picos de tensão no sistema de energia elétrica (FURTADO, 2005; PIANARO et al., 1998), como exemplificado na Figura 2. Como pode ser observado, quando ocorre aumento da tensão acima da operação da rede elétrica (no caso 120 V), o varistor passa a armazenar o excesso de tensão no interior dos grãos do semiconductor e dissipa em forma de calor, protegendo assim o equipamento elétrico.

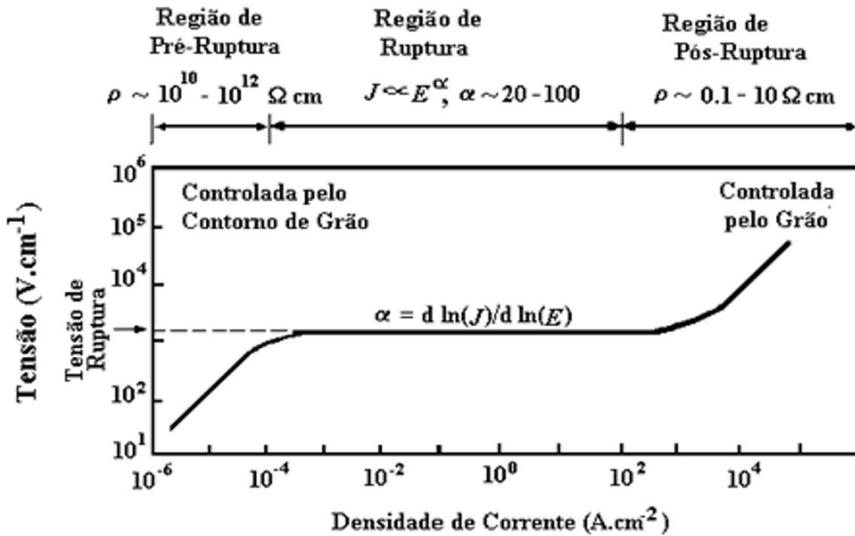
Figura 2 - Princípio de funcionamento de um varistor.



Fonte: Capelli (2016).

Os varistores possuem comportamento não-linear entre a tensão vs corrente elétrica, ou seja, não variam de forma constante, como determinado pela Lei de Ohm, sendo esse comportamento conhecido como não-ohmico. Na curva característica de um varistor (Figura 3) observam-se as regiões Pré-Ruptura, Ruptura e Pós-Ruptura, todas apresentando comportamento distinto (CLARKE, 1999; PIANARO et al., 1998; GUPTA, 1990).

Figura 3 - Curva do comportamento não-linear da entre campo elétrico (E) vs densidade de corrente (J). Curva característica de um varistor.



Fonte: Adaptação de Clarke (1999).

- ✓ A região de pré-ruptura de comportamento linear ocorre quando não há variação da tensão normal de operação. O varistor tem característica resistiva e somente há uma pequena corrente (denominada corrente de fuga I_F) que é dispersa pelo dispositivo.
- ✓ A região de ruptura de comportamento não-linear é caracterizada por um aumento abrupto da passagem de corrente elétrica quando há uma pequena variação da tensão de operação, este sendo determinado como campo elétrico de ruptura (E_R). O varistor tem característica condutora.
- ✓ A região de pós-ruptura de comportamento linear é caracterizada pela alta densidade de corrente elétrica.

O coeficiente de não-linearidade (α) é um dos parâmetros importantes na qualidade de um dispositivo varistor e é determinado pelo comportamento da curva na Região de Ruptura, podendo ser calculado a partir da Equação 6 (MA et al., 2015; ZANG, G.-Z. et al., 2016).

$$\alpha = (\text{Log}J_2 - \text{Log}J_1)/(\text{Log}E_2 - \text{Log}E_1) \quad (6)$$

sendo J a densidade de corrente e E o campo elétrico, calculados através dos dados de corrente elétrica (I) e tensão (V) a partir das equações 7 e 8:

$$E = V/d \quad (7)$$

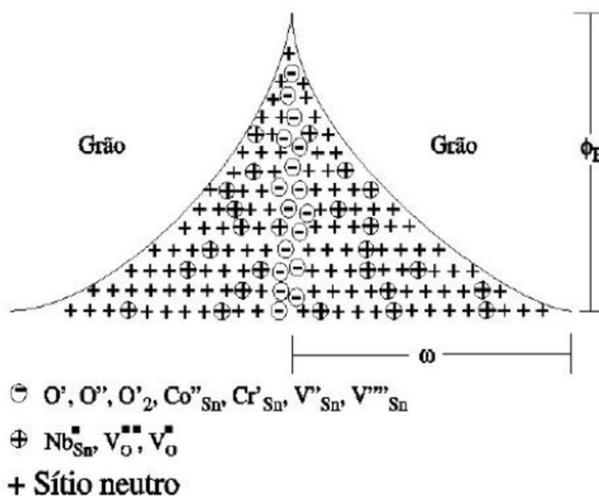
$$J = I/A \quad (8)$$

em que d é a espessura da amostra e A é a área do eletrodo depositado para realização da caracterização elétrica. Para o cálculo do α , adota-se o intervalo da densidade de corrente de 1 mA/cm² a 10 mA/cm², tendo-se então que J₁ = 1 e J₂ = 10, simplificando a Equação 9 na seguinte equação:

$$\alpha = (\log E_2 - \log E_1)^{-1} \quad (9)$$

A propriedade varistora é dependente de uma barreira de potencial que é formada na região de contorno de grão a partir da introdução dos dopantes que induzem os defeitos na região, como as vacâncias de estanho (V_{Sn}^{''} e V_{Sn}^{''''}), átomos de estanho intersticial (Sn_i[·] e Sn_i^{''''}), vacâncias de oxigênio (V_O[·] e V_O^{''}) e dopantes doadores (D_{Sn}[·]), assim como no modelo proposto por Bueno ilustrado na Figura 4, incluindo os defeitos causados pelas espécies de oxigênio adsorvido (O', O'' e O₂') e dopantes doadores (Co_{Sn}[·] e Cr_{Sn}[·]) para a formação da barreira de potencial. A natureza física é descrita como uma dupla barreira do tipo Schottky devido à presença de oxigênio na região dos contornos de grãos (BUENO et al., 1998; FENG et al., 2011; LI, C. P. et al., 2001; ORLANDI et al., 2003).

Figura 4 - Modelo da barreira de potencial de varistores de SnO₂.



Fonte: Bueno et al. (1998).

2 EXPERIMENTAL

2.1 SÍNTESE DO PÓ NANOPARTICULADO

O método dos precursores poliméricos (LUSTOSA et al., 2016; STOJANOVIC et al., 2001) consiste na formação de um quelato entre os cátions metálicos com ácido carboxílico (geralmente solução aquosa de ácido cítrico) e posterior adição de etilenoglicol, mantendo sob agitação e aquecimento a 130 °C para promover a poliesterificação. A imobilização dos íons metálicos na forma de complexo reduz consideravelmente o grau de segregação dos metais durante pirólise do material orgânico, assegurando a homogeneidade composicional.

Para cada íon de interesse foi preparada uma solução utilizando a razão molar de 1:4:16 (metal:ácido cítrico:etilenoglicol). A partir da mistura de quantidades estequiométricas das soluções poliméricas dos metais, dois sistemas (soluções matrizes) foram preparados:

A - (Zn,Nb)-SnO₂ - 98,95 %mol de SnO₂, 1 %mol de Zn²⁺, 0,05 %mol de Nb⁵⁺

B - (Co,Nb)-SnO₂ - 98,95 %mol de SnO₂, 1 %mol de Co²⁺, 0,05 %mol de Nb⁵⁺

A mistura estequiométrica das soluções, correspondentes a cada sistema foi mantida em aquecimento a 130 °C e agitação constante por 1 hora. A temperatura foi então elevada para 250 °C e mantida até poliesterificação do material, que foi posteriormente levado à calcinação parcial em forno tipo mufla a 400 °C por 2 horas, seguido por uma etapa de moagem em meio etílico a uma velocidade de 500 rpm durante 1 hora em moinho Szegvari Attritor Tipo 01HD para transformar o resíduo polimérico pré-calcinado (puff) em um pó fino que retornou para calcinação final em forno tipo mufla a 600 °C por 2 horas. O pó obtido após calcinação foi moído novamente a 500 rpm durante 1 hora em meio etílico e posteriormente levado para secagem.

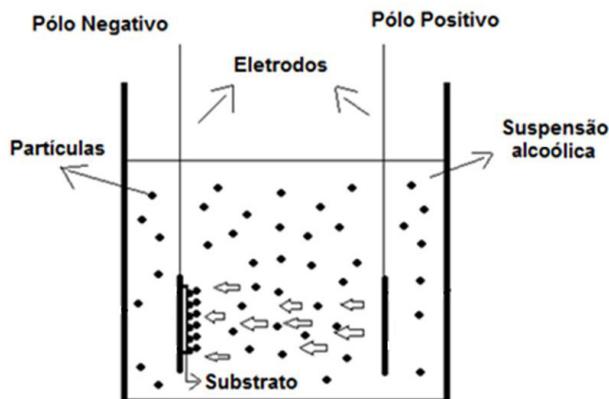
2.2 DEPOSIÇÃO ELETROFORÉTICA E SINTERIZAÇÃO

O pó dos sistemas foi utilizado para obtenção do filme através da técnica de deposição por eletroforese (EPD), um processamento de filmes de baixo custo que apresenta facilidade de controle da espessura, de forma uniforme e em um curto período de tempo. Para que ocorra a deposição é necessário que as partículas tenham carga superficial para serem atraídas pela corrente elétrica que é gerada a partir da aplicação de um campo elétrico na célula de deposição (BESRA; LIU, 2007; CAPRONI; MUCILLO, 2012; CORNI; RYAN; BOCCACCINI, 2008). Para melhor deposição dos filmes os solventes orgânicos são mais indicados para tal uso pois são mais viscosos (auxiliando na suspensão das partículas) e também evitam eletrólise, que gera desprendimento de

gases nos eletrodos e prejudica na formação de filmes densos e de espessura regular (HARBACH, 1998a; HARBACH 1998b).

Foram utilizadas 20 mg do pó em 20 ml de álcool isopropílico para preparar a suspensão, como mostrado na Figura 5. Foi utilizada uma fonte de alta tensão FUG DC Power Supply, a tensão aplicada foi de 2 kV durante diferentes tempos. O substrato para a deposição das partículas e formação do filme foi acoplado no pólo negativo.

Figura 5 – Sistema de deposição por eletroforese para obtenção dos filmes.



Fonte: o autor.

Os filmes obtidos foram então levados para sinterização em forno microondas de 750 W, adaptado pelo próprio grupo de pesquisa, e realizados testes com variação de temperatura e de tempo: 900 e 1000 °C por 30 e 40 minutos com o intuito de promover o crescimento dos grãos. O uso de microondas é uma tecnologia recente com vantagens em relação à sinterização convencional: (1) aquecimento rápido e homogêneo da amostra que promove difusão de massa e (2) menor tempo e temperatura de sinterização que minimiza o crescimento de grãos e o aparecimento de formas irregulares, reduzindo custos energéticos do processo (MENEZES et al., 2007; SANTOS et al., 2006).

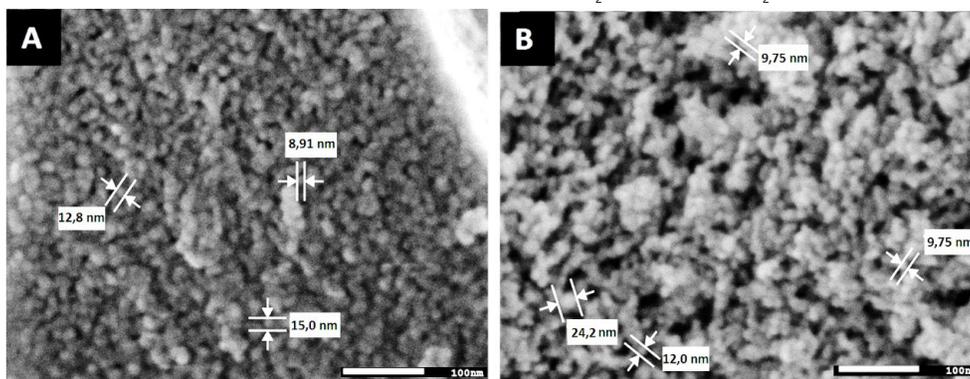
Após a etapa de sinterização, cátions cromo foram depositados na superfície dos filmes, visto que a ação deste íon é na região de contorno de grão, a aplicação direta na superfície do material reduz tempo e temperatura de tratamento térmico para a difusão destes íons para a região do contorno de grão caso fossem introduzidos na matriz cerâmica durante a etapa de síntese. Os filmes sinterizados foram levados novamente ao sistema de deposição por eletroforese (Figura 5), acoplado no pólo negativo e imerso em 20 mL de uma solução de Cr^{3+} 0,3 M, com tensão aplicada de 2 kV durante 3 min. Após a retirada do substrato, os filmes foram levados para secagem em estufa e posteriormente a tratamento térmico (1000 °C/15 minutos) em forno microondas para promover a difusão dos íons Cr^{3+} e modificar a barreira de potencial que se forma na região do contorno de grão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E ESTRUTURAL

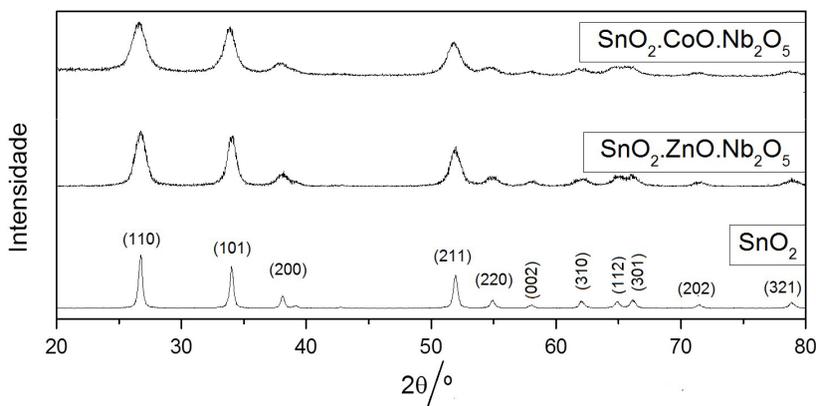
Os pós sintetizados (Zn,Nb)-SnO₂ e (Co,Nb)-SnO₂ foram caracterizados estrutural e morfológicamente. A partir da microscopia eletrônica foi possível observar partículas esféricas de tamanho nanométrico. Utilizando a base de dados JCPDS-ICDD para analisar os picos cristalinos apresentados na Figura 7, foi possível atribuir a fase cristalina rutilo do dióxido de estanho (JCDPS n° 41-1445). Não foram observados picos referentes à formação de fases secundárias, indicando a obtenção uma solução sólida homogênea. A partir dos dados obtidos nas análises de DRX foi realizado refinamento através do método de Rietveld para obtenção de informações sobre a composição cristalina e sobre as distorções de rede geradas pela adição dos agentes modificadores à rede cristalina do SnO₂, dados apresentados na Tabela 1.

Figura 6 - MEV_FEG dos pós (a) (Zn,Nb)-SnO₂ e (b) (Co,Nb)-SnO₂.



Fonte: o autor.

Figura 7 - Difratogramas de Raios-X dos pós calcinados a 600 °C por 2 horas.



Fonte: o autor.

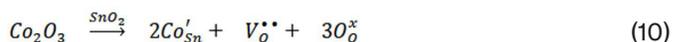
Tabela 1 - Parâmetros a, b e c (Å), volume da célula unitária (Å³) e densidade (g/cm³).

Amostra	a (Å)	b (Å)	c (Å)	Volume da célula (Å ³)	Densidade (g/cm ³)
*SnO ₂	4,7397	4,7397	3,1877	71.610	6.990
SZN	4.7550 ±0.0005	4.7542 ±0.0005	3.1983 ±0.0004	72.291 ±0.024	6.923
SCN	4.7350 ±0.0008	4.7350 ±0.0008	3.1865 ±0.0006	71.445 ±0.034	7.005

*cif. 92552 ICSD (YAMANAKA; KURASHIMA; MIMAKI, 2000).

No GSAS é fornecido o fator R_F^2 para avaliar a qualidade geral dos refinamentos, sendo obtidos os valores de 3,61% para o SZN e 2,51% para o SCN, mostrando que as curvas se ajustaram àquelas que serviram para originar o padrão de difração. O fator de perfil ponderado (R_{wp}) foi de 9,47% para SZN e 8,02% para SCN, dentro do limite de 10% para consideração de um refinamento otimizado. Outro indicador de qualidade do ajuste é o χ^2 , e os valores observados foram de 1,312 e 1,005 respectivamente para os sistemas SZN e SCN, indicando coerência dos dados obtidos e analisados, visto que valores acima de 1,5 para χ^2 indicam modelo inadequado.

A Tabela 1 indica os parâmetros de rede, bem como o volume da célula unitária e de sua densidade teórica, de acordo com a natureza do agente modificador utilizado durante a síntese que indica a ocorrência da dopagem/substituição desses íons nos sítios do Sn⁴⁺ (raio iônico: 0,69 Å; raio covalente: 1,4 Å) na rede da matriz cerâmica. Observa-se que o sistema dopado com íon Zn²⁺ (raio iônico: 0,74 Å; raio covalente: 1,3 Å) há um aumento dos parâmetros de rede, evidenciado pelo aumento do volume da célula unitária e diminuição de sua densidade. Já para o sistema dopado com cobalto observa-se uma retração da célula unitária do estanho e conseqüentemente um aumento de sua densidade teórica, sugerindo que o cobalto se encontra no estado de oxidação 3+ (raio iônico: 0,64 Å), já que o mesmo é pertinente à faixa de temperatura de 300-680 °C (CERRI et al., 1996) gerando vacâncias de oxigênio, proporcionando o aumento do coeficiente de difusão dos íons e promovendo a sinterização, de acordo com a Equação 10, sendo que acima dessa faixa de temperatura o estado de oxidação é +2 (raio iônico: 0,74 Å). Embora haja a modificação dos parâmetros de rede não foi observada mudança na estrutura cristalina da matriz do SnO₂.



Para o estudo da propriedade varistora os filmes foram depositados por EPD em substratos de Si (100)/SiO₂ (10000 Å°)/Ti (200 Å°)/Pt (1500 Å°) com a aplicação

de 2 kV durante 1, 2, 3, 4 e 5 minutos em uma célula contendo uma suspensão alcóolica com 20 mg do pó suspenso, como mostrado na Figura 13. A sinterização no forno microondas ocorreu a 1000 °C para os filmes de (Zn,Nb)-SnO₂ e 900 °C para as amostras de (Co,Nb)-SnO₂, pois ocorreu que estas se fundiram quando submetidas à maior temperatura.

As micrografias de MEV, apresentadas nas Figuras 8 e 9, foram obtidas para verificar a espessura dos filmes depositados e a presença qualitativa de poros na amostra sintetizada com o dopante zinco. É possível observar que a deposição por eletroforese permite a obtenção de filmes mais espessos para a amostra sintetizada com o dopante cobalto.

Para os filmes de (Zn,Nb)-SnO₂ sinterizados em atmosfera de ar ambiente. Observa-se os efeitos da sinterização como o crescimento dos grãos com tamanhos maiores que 100 nm e formação dos pescoços entre os grãos. Também ocorre o aumento da espessura com o tempo de deposição utilizado na eletroforese: 11,8 µm (1 minuto), 12,9 µm (2 minutos), 24,5 µm (3 minutos), 27,2 µm (4 minutos) e 30 µm (5 minutos). Observou-se que os filmes sinterizados em atmosfera rica de oxigênio apresentaram espessuras similares de acordo com o tempo de deposição: 11,4 µm (1 minuto), 12,7 µm (2 minutos), 27,5 µm (3 minutos), 29,5 µm (4 minutos) e 31,8 µm (5 minutos).

Para os filmes de (Co,Nb)-SnO₂ foram determinadas as espessuras de 68,6 e 78,8 µm para os filmes sinterizados em atmosfera ambiente depositados por 30 e 40 segundos, respectivamente; e quando sinterizados em atmosfera rica em oxigênio temos a espessura de 69,2 e 77,4 µm para os filmes depositados por 30 e 40 segundos, respectivamente.

Figura 8 - MEV_FEG do filme SZN depositado com 2 kV durante 1 minuto e sinterizado em forno microondas a 1000 °C por 40 minutos. (a) vista da superfície; (b) vista transversal.

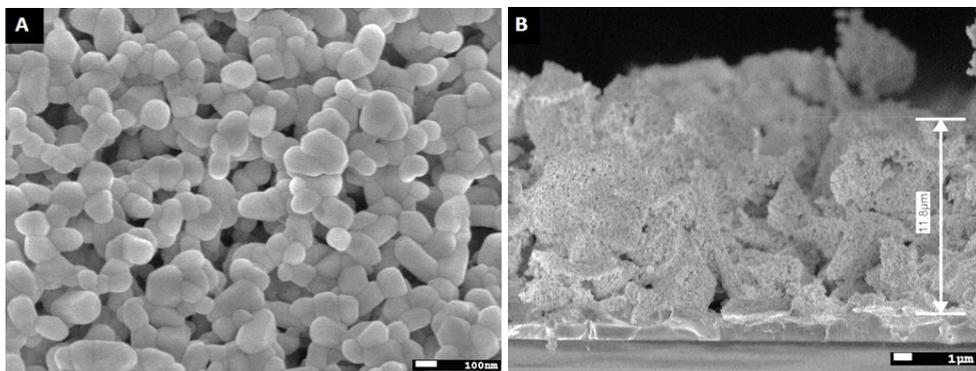
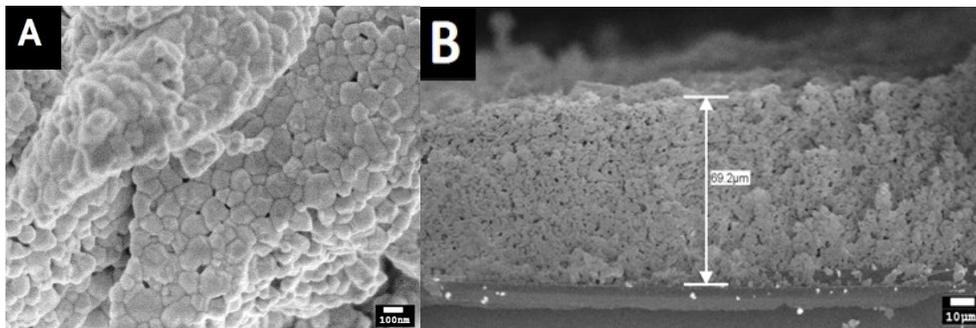
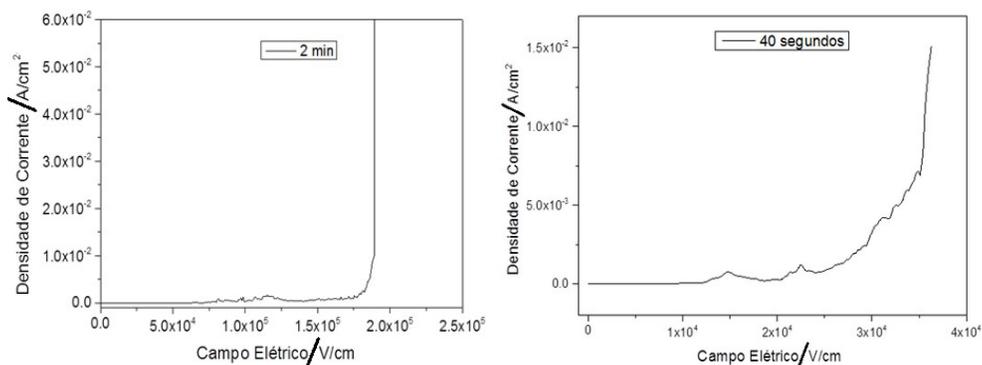


Figura 9 - Filmes de (Co,Nb)-SnO₂ depositados a 2 kV durante 40 segundos e sinterizados em forno microondas a 900 °C por 30 minutos. (a) vista da superfície; (b) vista transversal.



Após a sinterização, os filmes foram levados para o sistema de eletroforese para a deposição de íons cromo na superfície dos filmes, seguidos por secagem a 100 °C e posterior aplicação de tratamento térmico para difusão do cromo, e por fim foram levados para caracterização elétrica por Tensão vs Corrente. Nas amostras representadas na Figura 10 é possível observar a curva característica de um varistor: um caráter resistivo inicial mantido até um momento em que ocorre uma pequena variação de tensão em função de uma variação significativa da corrente, ou seja, o filme adquire caráter condutivo.

Figura 10 - Gráficos de Densidade de Corrente vs Campo Elétrico para: (A) filme (Zn,Nb)-SnO₂ depositado com 2 kV durante 2 minutos, sinterizados a 1000 °C por 40 min; (B) filme (Co,Nb)-SnO₂ depositados com 2 kV durante 40 segundos, sinterizados a 900 °C/40 min.



Para todas as amostras preparadas e caracterizadas, diferentes de acordo com os parâmetros de processamento de deposição e sinterização, os dados obtidos foram tratados e então calculados os parâmetros de coeficiente de não linearidade (α), campo elétrico (E_R), voltagem de ruptura (V_R), corrente de fuga (I_p). Os resultados são apresentados nas Tabelas 2 e 3. A tensão nominal de um varistor é proporcional à quantidade de barreiras e o campo elétrico de ruptura (E_R) é equivalente ao campo

quando a densidade de corrente for de 1 mA/cm², a corrente de fuga (I_F) é equivalente à corrente quando a tensão for 70% da tensão de ruptura. A barreira de potencial é formada pelos dopantes e depende da quantidade e do tipo de defeito induzido pelos dopantes na região de contorno de grãos.

Tabela 2 - Propriedades elétricas calculadas para os filmes de (Zn,Nb)-SnO₂.

Filmes	Deposição	α	$E_R / \text{kV.cm}^{-1}$	V_R / Volts	$I_F / \text{A.cm}^{-2}$
(Zn,Nb)-SnO ₂ (Atmosfera de ar)	2 kV/1 min	6,8	95	114	$1,2 \times 10^{-4}$
	2 kV/2 min	22	170,7	222	$1,3 \times 10^{-4}$
	2 kV/3 min	19	100,8	242	$1,3 \times 10^{-4}$
	2 kV/4 min	3,8	5,6	15	$1,5 \times 10^{-4}$
	2 kV/5 min	4	28	84	$2,9 \times 10^{-4}$
(Zn,Nb)-SnO ₂ (Atmosfera de O ₂)	2 kV/1 min	11,1	119,2	143	$1,5 \times 10^{-5}$
	2 kV/2 min	8,3	175,7	228	$2,8 \times 10^{-4}$
	2 kV/3 min	9,1	104,6	251	$4,6 \times 10^{-5}$
	2 kV/4 min	9,8	94,8	255	$1,6 \times 10^{-5}$
	2 kV/5 min	1,7	33	99	$4,9 \times 10^{-4}$

Tabela 3 - Propriedades elétricas calculadas para os filmes de (Co,Nb)-SnO₂.

Filmes	Deposição	α	$E_R / \text{kV.cm}^{-1}$	V_R / Volts	$I_F / \text{A.cm}^{-2}$
(Co,Nb)-SnO ₂ (Atmosfera de ar)	2 kV/30 seg	4,7	20,9	143,5	$5,75 \times 10^{-7}$
	2 kV/40 seg	7,2	26,1	204,9	$2,44 \times 10^{-7}$
(Co,Nb)-SnO ₂ (Atmosfera de O ₂)	2 kV/30 seg	11,4	33,4	220,7	$1,15 \times 10^{-8}$
	2 kV/40 seg	15,1	32,1	248,4	$1,14 \times 10^{-8}$

Após o tratamento dos dados da caracterização elétrica dos filmes (Zn,Nb)-SnO₂, foi possível calcular os parâmetros e verificou-se que os filmes depositados pelos tempos de 1, 2, 3 e 4 minutos e sinterizados em atmosfera rica em oxigênio apresentaram valor do coeficiente de não-linearidade (α) mais regulares, e todos os filmes apresentaram voltagem de ruptura (V_R) menor que 260 Volts e baixa corrente de fuga ($10^{-4} \text{ A} < I_F < 10^{-5} \text{ A}$), corroborando com o comportamento da curva varistora.

Os filmes de (Co,Nb)-SnO₂ depositados por 30 e 40 segundos e sinterizados em atmosfera de O₂ apresentaram maiores coeficiente de não-linearidade (α) 11,4 e 15 respectivamente, enquanto os filmes depositados a 30 e 40 segundos e sinterizados em atmosfera ambiente apresentaram menor coeficiente de não linearidade de 4,7 e 7,2 respectivamente. Nas duas condições atmosféricas de sinterização foram obtidas voltagem de ruptura (V_R) menor que 250 Volts e baixa corrente de fuga ($10^{-7} \text{ A} < I_F < 10^{-8} \text{ A}$).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior valor de coeficiente de não-linearidade (α) observado para as amostras sinterizadas com atmosfera rica em oxigênio está relacionado à formação de defeitos no contorno de grão que induzem o transporte de massa e favorecem diretamente a uma maior densificação das amostras. A densificação gera contorno de grão, aumentando o número de barreiras de potencial que são responsáveis por oferecer resistência à passagem de corrente elétrica, que é armazenada no interior do grão até atingir a capacidade máxima, ocorrendo então a “ruptura” do material em uma determinada tensão chamada de “tensão de ruptura”. A formação de maior número de barreira de potencial efetiva dificulta a passagem de corrente elétrica e pode ser constatada pelo aumento da tensão de ruptura, indicando o acréscimo da capacidade de bloqueio da corrente elétrica.

É possível também observar que os filmes sinterizados em fluxo de oxigênio apresentaram valores de corrente de fuga (I_F) menor que dos filmes sinterizados em atmosfera ambiente. Sendo assim, os valores calculados para a I_F corroboram com os dados que indicam maior quantidade de barreira de potencial, aumentando a capacidade de bloquear a passagem de corrente elétrica, diminuindo assim a perda de corrente (I_F).

Para a análise da aplicação como varistor os filmes sinterizados em atmosfera de O_2 apresentaram melhor resultado, para os filmes de (Zn,Nb)- SnO_2 foram obtidos coeficiente α na faixa de 8,5 a 11 e para os filmes de (Co,Nb)- SnO_2 coeficiente de não-linearidade de 11,4 e 15,1 respectivamente, para os filme depositado por 30 e 40 segundos. A atmosfera rica em O_2 promove regular crescimento dos grãos, e defeitos que geram transporte de massa que diminuem a porosidade dos materiais. Os filmes dopados com cobalto apresentaram menor corrente de fuga que os filmes dopados com zinco, $\sim 10^{-8}$ A/cm² e $\sim 10^{-5}$ A/cm² respectivamente. Ambos os sistemas apresentam potencialidade para aplicação varistor, apresentando uma tensão de ruptura menor que 250 Volts.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento pelo suporte financeiro deste projeto de pesquisa FAPESP 2014/11314-9, CNPq, CEPID/CDMF-FAPESP 2013/07296-2.

REFERÊNCIAS

BESRA, L.; LIU, M. **A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD)**. Progress in Materials Science, v. 52, n. 1, p. 1-61, 2007.

BRANKOVIC, G.; BRANKOVIC, Z.; DAVOLOS, M. R.; CILENSE, M.; VARELA, J. A. **Influence of the common varistor dopants (CoO, Cr₂O₃ and Nb₂O₅) on the structural properties of SnO₂ ceramics**. Materials Characterization, v. 52, n. 4/5, p. 243-251, 2004.

BUENO, P. R.; PIANARO, S. A.; PEREIRA, E. C.; BULHÕES, L. O. S.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Investigation of the electrical properties of SnO₂ varistor system using impedance spectroscopy.** Journal of Applied Physics, v. 84, n. 7, p. 3700-3705, 1998.

CAPRONI, E.; MUCILLO, R. **Aplicação da técnica de deposição eletroforética para a obtenção de tubos cerâmicos de zircônia-ítria.** Cerâmica, v. 58, p. 131-136, 2012.

CERRI, J. A.; LEITE, E. R.; GOUVÊA, D.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Effect of cobalt (II) oxide and manganese (IV) oxide on sintering of tin (IV) oxide.** Journal of the American Ceramic Society, v. 79, n. 5, p. 799-804, 1996.

CORNI, I.; RYAN, M. P.; BOCCACCINI, A. R. **Electrophoretic deposition: from traditional ceramics to nanotechnology.** Journal of the European Ceramic Society, v. 28, n. 7, p. 1353-1367, 2008.

CLARKE, D. R. **Varistor ceramics.** Journal of the American Ceramic Society, v. 82, n. 3, p. 485-502, 1999.

CHOI, S. W.; KATOCH, A.; ZHANG, J.; KIM, S. S. **Electrospun nanofibers of CuO-SnO₂ nanocomposite as semiconductor gas sensors for H₂S detection.** Sensors and Actuators, B: Chemical, v. 176, p. 585-591, 2013.

DHAGE, S. R.; RAVI, V.; YANG, O. B. **Varistor property of SnO₂-CoO-Ta₂O₅ ceramic modified by barium and strontium.** Journal of Alloys and Compounds, v. 466, n. 1/2, p. 483-487, 2008.

FENG, H.; PENG, Z.; FU, X.; FU, Z.; WANG, C.; QUI, L.; WAO, H. **Effect of SnO₂ doping on microstructural and electrical properties of ZnO-Pr₆O₁₁ based varistor ceramics.** Journal of Alloys and Compounds, v. 509, n. 25, p. 7175-7180, 2011.

FURTADO, J. G. M. **Correlações entre fenômenos de grão e de contornos de grão e o desempenho de cerâmicas varistoras.** 2005. 225 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GAPONOV, A. V.; GLOT, A. B.; IVON, A. I.; CHACK, A. M.; JIMENEZ-SANTANA, G. **Varistor and humidity-sensitive properties of SnO₂-Co₃O₄-Nb₂O₅-Cr₂O₃ ceramics with V₂O₅ addition.** Materials Science and Engineering B, v. 145, n. 1/3, p. 76-84, 2007.

GUPTA, T. K. **Application of zinc oxide varistors.** Journal of the American Ceramic Society, v. 73, n. 7, p. 1817-1840, 1990.

HARBACH, F.; NIENBURG, H. **Homogeneous functional ceramic components through electrophoretic deposition from stable colloidal suspensions-I. Basic concepts and application to zirconia.** Journal of the European Ceramic Society, v. 18, n. 6, p. 675-683, 1998a.

HARBACH, F.; NIENBURG, H. **Homogeneous functional ceramic components through electrophoretic deposition from stable colloidal suspensions – II. Beta-alumina and concepts for industrial production.** Journal of the European Ceramic Society, v. 18, n. 6, p. 685-692, 1998b.

LEE, H. J.; KIM, C. D.; KANG, S. H.; KIM, W.; LEE, J. S.; CHUNG, G. S. **Influence of sintering temperature on conduction behaviors for CoO- and ZnO- doped SnO₂ varistor ceramics.** Journal of the Korean Physical Society, v. 49, n. 6, p. 2423-27, 2006.

LEITE, D. R.; CILENSE, M.; ORLANDI, M. O.; BUENO, P. R.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **The effect of TiO₂ on the microstructural and electrical properties of low voltage varistor based on (Sn,Ti)O₂ ceramics.** Physica Status Solidi A: Applications and Materials Science, v. 207, n. 2, p. 457-461, 2010.

LI, C. P.; WANG, J. F.; SU, W. B.; CHEN, H. C.; WANG, W. X.; ZHUANG, D. X.; XU, L. **Nonlinear electrical properties of cobalt doped $\text{SnO}_2\text{-Ni}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5$ varistors**. The European Physical Journal Applied Physics, v. 16, n. 1, p. 3-9, 2001.

LUSTOSA, G. M. M. M.; COSTA, J. P. C.; PERAZOLLI, L. A.; STOJANOVIC, B. D.; ZAGHETE, M. A. **Potential barrier of $(\text{Zn,Nb})\text{SnO}_2$ -films induced by microwave thermal diffusion of Cr^{3+} for low-voltage varistor**. Journal of the American Ceramic Society, v. 99, n. 1, p. 152-157, 2016.

MENEZES, R. R.; SOUTO, P. M.; KIMINAMI, R. H. G. A. **Sinterização de cerâmicas em microondas. Parte I: aspectos fundamentais**. Cerâmica, v. 53, p. 1-10, 2007.

MA, S.; XU, Z.; CHU, R.; HAO, J.; LI, W.; CHENG, L.; LI, G. **Influence of SnO_2 on $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Co}_2\text{O}_3$ based varistor ceramics**. Ceramics International, v. 41, n. 9, p. 12490-12494, 2015.

PIANARO, S. A.; BUENO, P. R.; OLIVI, P.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Electrical properties of the SnO_2 -based varistor**. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, v. 9, n. 2, p. 159-165, 1998.

PUNGINSANG, M.; WISITSORA, A.; TUANTRANONT, A.; PHANICHPHANT, S.; LIEWHIRAN, C. **Effects of cobalt doping on nitric oxide, acetone and ethanol sensing performances of FSP-made SnO_2 nanoparticles**. Sensors and Actuators, B: Chemical, v. 210, p. 589-601, 2015.

QI, P.; WANG, J. F.; SU, W. B.; CHEN, H. C.; ZHANG, G. Z.; WANG, C. M.; MING, B. Q. **(Er, Co, Nb)-doped SnO_2 varistor ceramics**. Materials Chemistry and Physics, v. 92, n. 2/3, p. 578-584, 2005.

SANTOS, P. A.; MARUCHIN, S.; MENEGOTO, G. F.; ZARA, A. J.; PIANARO, S. A. **The sintering time influence on the electrical and microstructural characteristics of SnO_2 varistor**. Materials Letters, v. 60, n. 12, 1554-1557, 2006.

STOJANOVIC, B. D.; FOSCHINI, C. R.; CILENSE, M.; ZAGHETE, M. A.; CAVALHEIRO, A. A.; PAIVA-SANTOS, C. O.; VARELA, J. A. **Structural characterization of organometallic-derived 9.5/65/35 PLZT ceramics**. Materials Chemistry and Physics, v. 68, n. 1/3, p. 136-141, 2001.

VIANA JUNIOR, E. R. **Propriedades elétricas e fotoelétricas de nanofitas de SnO_2** . 2014. 99 f. Tese (Doutorado em Física) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

YAMANAKA, T.; KURASHIMA, R.; MIMAKI, J. **X-ray diffraction study of bond character of rutile-type SiO_2 , GeO_2 and SnO_2** . Zeitschrift fur Kristallographie, v. 215, n. 7, p. 424-428, 2000.

ZANG, G.; WANG, J.; CHEN, H.; SU, W.; WANG, W.; WANG, C.; QI, P. **Effects of Sc_2O_3 on the microstructure and varistor properties of (Co, Ta)-doped SnO_2** . Journal of Alloys and Compounds, v. 377, n. 1/2, p. 82-84, 2004.

ZANG, G.-Z.; ZHOU, F. Z.; CAO, J. X.; WANG, X. F.; WANG, Z. W.; LI, L. B.; LI, G. R. **Varistor and dielectric properties of Cr_2O_3 doped $\text{SnO}_2\text{-Zn}_2\text{SnO}_4$ composite ceramics**. Current Applied Physics, v. 14, n. 12, p. 1682-1686, 2014.

ZANG, G.-Z.; WANG, X. F.; LI, L. B.; ZHOU, F. Z. **Varistor and dielectric properties of SiO_2 doped $\text{SnO}_2\text{-Zn}_2\text{SnO}_4$ ceramic composites**. Ceramics International, v. 42, n. 16, p. 18124-18127, 2016.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leinig Antonio Perazolli possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professor Livre Docente III do Instituto de Química - Unesp / Araraquara. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica com estudos de Sinterização de Cerâmicos e obtenção de Foto catalisadores Cerâmicos e na área de História da Ciência com ênfase em Química e Engenharia Química. Atua na área de pesquisa nos seguintes temas: óxido de titânio, óxido de estanho, sinterização, voltados para a foto catálise e cerâmicas eletrônicas. Na área de extensão universitária desenvolve trabalhos sobre História da Ciência e da Engenharia Química e sobre a Química das Coisas. Leciona disciplinas na área de Química Tecnológica, Engenharia Química e História da Ciência.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorción 106, 107, 110, 142, 171, 176, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 188
Aceite 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169
Aguacate 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158
Aislación térmica 114, 115, 117, 120, 131, 132
Análisis 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 20, 23, 24, 26, 30, 32, 69, 86, 87, 89, 90, 95, 116, 129, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 162, 163, 167, 173, 186, 188, 189
Antimicrobiana 134, 135, 136, 148, 158, 161, 169
Apatita 186, 187, 188, 189, 191
Aplicaciones 43, 160
A-site substitutions 227
Aspergillus niger 103, 104, 105, 111, 112, 113
Avaliação 47, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 250, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 268, 273, 278, 279

B

BiFeO₃ 227, 228, 231, 232, 233
Biomasa 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 160

C

Climas cálidos 114, 117, 129, 130
Cohesión social 69
Combustíveis renováveis 214
Composición proximal 160, 168
Compresión 121, 171, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184
Consumidor ético 1, 2, 7, 11, 14
Consumo energético 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 217
Consumo ético 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16
Consumo responsable 1
Contaminación Difusa 18, 19, 22, 33
Control interno 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102
Cuprita 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

D

Densidad 166, 171, 175, 177, 179, 180, 182, 183, 193, 197, 206, 207, 211, 238, 239, 243, 245, 246

Deposição eletroforética 234, 235, 237, 240, 248

Desarrollo 8, 18, 20, 21, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 69, 70, 75, 76, 77, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 102, 149, 153, 154, 155, 167, 170, 171, 172, 176, 179, 187

Difusão 207, 234, 235, 241, 243, 245, 254

Difusão de Cromo 235

E

Ecosistemas de Emprendimiento 36, 37, 38

Emancipatória 47, 58, 59, 64, 66, 68

Emprendimiento 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Espectroscopia 200, 251, 253, 268

Etanol 214, 215, 216, 217, 221, 222, 224, 225

Ética del consumo 1

Extração líquido-líquido 214, 218, 221, 222, 223, 224, 225

F

Ferric properties 227

Flotación 186, 187, 188, 189, 190, 191

G

Glioma 250, 251, 252, 253, 254, 267, 268, 269

Glioma Astrocítico 251

I

Imagem de Perfusão 251

M

Materiais compósitos com matriz de alumínio 193, 194

Metales pesados 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

Moringa oleífera Lam 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169

Municipios locales 89

N

Normas 1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 89, 95, 97, 100, 102

O

Óxido 109, 134, 135, 136, 137, 145, 146, 196, 235

Óxido de estanho 235

P

Percepção 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88

Perfusão 251, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 261, 264, 265, 267, 268

Permeabilidade Capilar 251

Porosidad 171, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184

Potencialidades 65, 147, 148, 149, 169

Procedimiento LU-IV 18, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Q

Quelônios marinhos 270, 271, 275

R

Relave 186, 188, 189, 191, 192

Remoción 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos de mineração 194

Ressonância Magnética 250, 251, 253, 254, 268

Roca 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 182, 183, 184

S

Santander 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 186

Semillas 147, 155, 159, 160, 161, 162, 164, 169

SIG 18, 20, 270, 272

Sinerização Microondas Varistores 235

Sinterização 193, 194, 196, 197, 206, 207, 208, 210, 211, 234, 236, 237, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 249

Sistemas de Información Geográfica 19, 20

Staphylococcus aureus 134, 135, 136, 142, 144, 145, 146

T

Tecnologias 47, 49, 52, 53, 57, 59, 60, 67, 68, 79, 83, 120, 145, 184

U

Unidades de Conservação 270, 272, 273, 274, 276, 277

UNIFAC 214, 215, 218, 219, 221

Universidad compleja 69, 88

Z

Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitrato (ZVN) 18, 19