

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

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

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

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: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^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) | |
|---|---|
| C569 | <p>Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-472-6 DOI 10.22533/at.ed.726191107</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario</p> <p style="text-align: right;">CDD 509.81</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS | |
| Marília Carvalho de Melo | |
| Alexandre Magrineli dos Reis | |
| Zuleika Stela Chiacchio Torquetti | |
| Germano Luís Gomes Vieira | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911071 | |
| CAPÍTULO 2 | 11 |
| ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS | |
| Arini de Menezes Costa | |
| Neyla Danquá dos Ramos | |
| Antonio Alisson Pessoa Guimarães | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911072 | |
| CAPÍTULO 3 | 24 |
| ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL | |
| Patrícia Tortora | |
| Luiz Felipe Poli Schramm | |
| Norberto Olmiro Horn Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911073 | |
| CAPÍTULO 4 | 38 |
| APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO | |
| José Adolfo Iriam Sturza | |
| Cristiano Nardes Pause | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911074 | |
| CAPÍTULO 5 | 52 |
| ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS:O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE | |
| Christiane Freitas Pinheiro de Jesus | |
| Nelson Wellausen Dias | |
| Fernanda dos Santos Lopes Cruz | |
| Acacia Maria Barros Souza | |
| José Henrique da Silva | |
| João Carlos Marques Silveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911075 | |
| CAPÍTULO 6 | 61 |
| AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118 | |
| Alisson Cabral Barreto | |
| Milany Karcia Santos Medeiros | |
| Alyne Karla Nogueira Osterne | |
| Ricardo Leandro Barros da Costa | |
| Lanna Celly da Silva Nazário | |
| DOI 10.22533/at.ed.7261911076 | |

CAPÍTULO 7 78

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa

DOI 10.22533/at.ed.7261911077

CAPÍTULO 8 88

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino
Michele Resende Machado
Mônica Rodrigues Ferreira Machado
Giovanni Cavichioli Petrucelli

DOI 10.22533/at.ed.7261911078

CAPÍTULO 9 93

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas
Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Ubirajara Coletto Junior
Chrystopher Allan Miranda Pereira
Alexandre Zirpoli Simões
Leinig Perazolli
Maria Aparecida Zaghete

DOI 10.22533/at.ed.7261911079

CAPÍTULO 10 106

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar
Milson dos Santos Barbosa
Isabelle Maria Duarte Gonzaga
Aline Resende Dória
Lays Ismerim Oliveira
Caio Vinícius da Silva Almeida
Dara Silva Santos
Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110710

CAPÍTULO 11 121

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues
Alfredo Lopes Saab
Gustavo Tavernaro Tambelli

DOI 10.22533/at.ed.72619110711

CAPÍTULO 12 133

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz
Yuri Daniel Jatobá Costa
Carina Maia Lins Costa
Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

DOI 10.22533/at.ed.72619110712

CAPÍTULO 13 147

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso
Mauro Célio da Silveira Pio

DOI 10.22533/at.ed.72619110713

CAPÍTULO 14 156

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares
Evelin Silva Koch
Maria Victoria Manso Guevara
Fermin Garcia Velasco

DOI 10.22533/at.ed.72619110714

CAPÍTULO 15 163

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES:A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires
Idelvone Mendes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110715

CAPÍTULO 16 177

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora
Patricia Regina Alves Palermo

DOI 10.22533/at.ed.72619110716

CAPÍTULO 17 184

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima
Laura Rocha de Castro
Marina Marques Gimenez
Ronei Pacheco de Oliveira
Amanda Baldochi Souza

DOI 10.22533/at.ed.72619110717

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 18 | 190 |
| ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO | |
| Fernanda Valinho Ignacio Bruno Teixeira Lima Juliano de Lima | |
| DOI 10.22533/at.ed.72619110718 | |
| CAPÍTULO 19 | 203 |
| FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO | |
| Roberto de Souza Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.72619110719 | |
| CAPÍTULO 20 | 222 |
| INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA) | |
| José Sidiney Barros José Milton de Oliveira Filho | |
| DOI 10.22533/at.ed.72619110720 | |
| CAPÍTULO 21 | 229 |
| MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL | |
| Tânia Barbosa de Freitas Mirian Ferreira de Brito | |
| DOI 10.22533/at.ed.72619110721 | |
| CAPÍTULO 22 | 238 |
| MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL | |
| Gilberto Luiz Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.72619110722 | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 244 |

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Isabela Marcondelli Iani

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Rafael Aparecido Ciola Amoresi

Faculdade de Engenharia de Guaratingueta-UNESP

Guaratingueta – SP

Ubirajara Coletto Junior

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Chrystopher Allan Miranda Pereira

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Alexandre Zirpoli Simões

Faculdade de Engenharia de Guaratingueta-UNESP

Guaratingueta – SP

Leinig Perazolli

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Maria Aparecida Zaghete

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

RESUMO: A formação e caracterização fotocatalítica da heteroestrutura $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ associada as aplicações mais gerais e comparadas a fase pura é apresentado e discutido neste texto. Os resultados experimentais da estrutura, morfologia e atividade fotocatalítica corroboram a formação e aplicação da heteroestrutura. Análises de espectroscopia vibracional na região do infravermelho e análise térmica demonstraram a formação da heteroestrutura nos estágios de pre-tratamento térmico. Resultados de difratometria de raios X, microscopia eletrônica de transmissão, e espectroscopia de refletância difusa corroboram a formação estrutural e óptica do material. Resultados fotocatalíticos para descoloração da Rodamina-B indicaram melhor fotoatividade da heteroestrutura comparada a fotoatividade do TiO_2 puro. Nos 60 minutos iniciais de reação a heteroestrutura tem fotoatividade 25% maior que o TiO_2 .

PALAVRAS-CHAVE: TiO_2 , SrTiO_3 , Fotocatálise, Heterojunção.

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE HETEROJUNCTION $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTAINED BY CHEMICAL METHOD

ABSTRACT: The formation and photocatalytic characterization of the $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ heterostructure associated with more general applications and compared to the pure phase is presented and discussed in this paper. The experimental results from the structure, morphology and photocatalytic activity corroborate the formation and application of the heterostructure. Analyzes of vibrational spectroscopy in the infrared region and thermal analysis indicated the formation of the heterostructure in the stages of pre-heat treatment. Results of X - ray diffractometry, transmission electron microscopy, and diffuse reflectance spectroscopy corroborate the structural and optical formation of the material. Photocatalytic results for discoloration of rhodamine-B indicated better photoactivity of the heterostructure compared to photoactivity of pure TiO_2 . In the initial 60 minutes of reaction the heterostructure has 25% higher photoactivity than TiO_2 .

KEYWORDS: TiO_2 , SrTiO_3 , Photocatalysis, Heterojunction.

1 | HETEROESTRUTURAS – APLICAÇÃO

Heteroestrutura, também chamada de heterojunção, é um cluster formado pela junção de duas fases cristalinas podendo ser ambas de mesma composição química ou composições distintas. Na interface das fases pode ocorrer estresse, distorção da rede, devido à diferença entre os parâmetros de rede da estrutura cristalina obtida. Também pode ocorrer vacâncias de cátion, e/ou de ânions, no caso de óxidos podem ser vacâncias de oxigênio do tipo neutra (V_{O}^x), mono (V_{O}^{\cdot}) e/ou duplamente ionizadas ($V_{\text{O}}^{2\cdot}$) (AMORESI *et al.*, 2018; COLETO *et al.*, 2018). Os materiais heteroestruturados diferem dos materiais dopados nos quais os defeitos estão diretamente relacionados à fenômenos de superfície.

A interface entre os materiais que formam a heterojunção atua como região de transportadores de carga gerando uma sinergia que resulta na alteração das propriedades elétricas, ópticas e magnéticas do material conforme a estrutura de bandas das fases presentes. Heterojunções de óxidos semicondutores indicam propriedades inovadoras, tais como sensoras, ferroelétricas, revestimentos contra corrosão, conversores de luz (células solares) e fotocatalíticas (HAN *et al.*, 2017).

Destacam-se os materiais de $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ como heterojunção aplicada à fotocatalise na degradação de poluentes. Esta heteroestrutura apresentou maior eficiência fotocatalítica na descoloração de corante sob luz UV, comparada aos seus componentes individuais, TiO_2 e SrTiO_3 . Nesta heteroestrutura dois parâmetros importantes para a eficiência fotocatalítica foram observados: i) a transferência de carga efetiva na interface sólido-sólido é mais importante que as espécies químicas adsorvidas na superfície das partículas, ii) as vacâncias de oxigênio monoionizadas favoreceram a atividade fotocatalítica (COLETO *et al.*, 2018). Outras heteroestruturas

como $\text{LaFeO}_3/\text{TiO}_2$ apresentam atividade fotocatalítica, sob luz visível, superior aos seus precursores por inibir a recombinação entre o par de elétron fotoinduzido e buraco eletrônico (KUMAR *et al.*, 2017). $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ com morfologia do tipo de nanofolha, na qual planos cristalinos (001) do TiO_2 são expostos para o crescimento do SrTiO_3 indicou aumento na atividade fotocatalítica comparado as nanoestruturas de TiO_2 (YUE *et al.*, 2014).

Na produção de hidrogênio a multi-heterojunção $\text{ZnO}/\text{CdS}/\text{PbS}$ mostra-se como um promissor fotoânodo, no qual o eletrodo produziu uma taxa de hidrogênio aceitável devido a elevada área de superfície - necessária para absorção de luz e transporte de massa para a reação fotoeletroquímica. Neste caso a heterojunção facilitou a rápida transferência e separação dos portadores de cargas fotogeradas (WANG *et al.*, 2019). Para revestimentos contra corrosão metálica um material promissor foi produzido a partir da heterojunção p-n de NiO/TiO_2 . A heterojunção promoveu a separação dos elétrons fotogerados e buracos eletrônicos criando um efeito de proteção fotocatólica no aço inoxidável estudado (HAN *et al.*, 2017).

Materiais heteroestruturados como NiO/WO_3 (BAO *et al.*, 2014), CuO/SnO_2 (BAI *et al.*, 2016), NiO/ZnO (KAUR *et al.*, 2016) também vem sendo aplicados à sensores de gases. Estes materiais foram avaliados como sensores para os gases NO_2 , CO e acetona, respectivamente. As heteroestruturas indicaram resposta mais rápida, maior sensibilidade e melhor seletividade comparadas aos seus precursores. Tais características deve-se à junção dos semicondutores dos tipo p e n formado na interface. Outros exemplos, como nanotubos de $\text{NiO}/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ aplicados em sensor de gás tolueno indicaram um desempenho superior aos nanotubos de NiO puro. As características morfológicas tubulares das heterojunções p-n e as ações sinérgicas de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ e NiO são os responsáveis pela melhoria das propriedades sensoras (WANG *et al.*, 2016). Heterojunções de ZnO decorados com Ag metálica, ZnO/Ag , indicaram eficiência como sensor de gás formaldeído apresentando melhor desempenho que o sensor de ZnO puro (XING *et al.*, 2017).

Aplicações ligadas a captação de luz solar e conversão em energia usando dispositivos de células solares também tem indicado que a presença de heterojunção promove melhores resultados. Nesses dispositivos as camadas das estruturas atuarão em diferentes papéis desde a absorção de luz (ROSÁRIO *et al.*, 2019) a transferência de carga (YU *et al.*, 2019). Propriedades magnéticas também podem ser aprimoradas com heterojunções, como nos filmes finos heteroestruturados de $\text{LaFeO}_3/\text{BiFeO}_3$, nos quais as heteroestruturas obtiveram melhor polarização remanescente, menor densidade de corrente e alta permissividade dielétrica em consequência do crescimento do LaFeO_3 sobre BiFeO_3 ($\text{LaFeO}_3/\text{BiFeO}_3$). Tais características estão correlacionadas à menor desordem estrutural e menor estresse bidimensional no plano do filme (RANIERI *et al.*, 2016). Portanto, dentre as diversas aplicações podemos observar que diferentes propriedades podem ser melhoradas pelo acoplamento entre duas fases com a formação de heteroestruturas.

2 | CONDIÇÕES QUÍMICAS DE OBTENÇÃO DA HETEROESTRUTURA

Há diversos métodos químicos para síntese de heteroestruturas, no entanto, alguns parâmetros devem ser avaliados para que o sinergismo estrutural entre as duas fases aconteça, e conseqüentemente a interface ocorra de modo eficaz. A formação de uma heteroestrutura, a qual é um único cluster, no entanto heterogêneo, depende dos parâmetros de rede das fases constituintes, estes devem ser semelhantes. Zou et al. (ZOU *et al.*, 2015) que avaliaram a formação da heteroestrutura de NiO crescendo sobre o CeO₂, obtiveram a mais efetiva heteroestrutura para o crescimento do NiO (200) com distância interplanar de 0,20 nm sobre o CeO₂ (220) de distância interplanar de 0,19 nm. Para outras direções do CeO₂ como (111) com distância de 0,31 nm ou (200) de 0,26 nm a formação da heteroestrutura não se mostrou efetiva. Isto porque a menor energia de ativação de cristalização favorece que o crescimento ocorra entre as fases cristalinas de orientação do plano que possui maior semelhança entre as distâncias interplanares. Isto relacionado a um método de síntese via úmida. Ao avaliar um método de síntese físico, no qual é utilizado uma alta energia térmica e de variação na pressão de síntese o crescimento pode ocorrer entre fases distintas ou com grandes diferenças nos parâmetros de rede [CICHETTO *et al.*, 2017].

Nesse sentido observa-se a facilitada formação da heteroestrutura SrTiO₃/TiO₂. No qual o titanato de estrôncio, SrTiO₃, é um óxido com estrutura cristalina do tipo perovskita, cúbico com parâmetros de rede iguais a 0,39 nm, número de coordenação 12 para o Sr e 6 para o Ti. Forma clusters do tipo de [SrO₁₂] e [TiO₆], respectivamente, Figura 1a. O dióxido de titânio, TiO₂, possui fase anatase (tetragonal I41/amd) com parâmetros de rede (a = b = 0,38 nm; c = 0,95 nm), que formam clusters do tipo [TiO₆], Figura 1b. E assim há formação heteroestrutural do TiO₂ sobre o SrTiO₃, Figura 1c, por método químico pois os parâmetros de rede de ambos são semelhantes (0,38 nm e 0,39 nm). Ambos apresentam energia de band gap de 3,2 eV, diferenciando-se pelo potencial de redução. Para a perovskite SrTiO₃, a banda de valência (BV) é predominantemente composta de orbitais *p* do O, com menor contribuição de orbitais *d* do Ti, enquanto a banda de condução (BC) é composta principalmente de orbitais *d* do Ti e orbitais *d* de Sr em mais alta energia (YUE *et al.*, 2014), no qual estas características podem ter intrigantes propriedades com o acoplamentos dos orbitais do TiO₂ composto na BV por orbitais *p* do O e na BC por orbitais *d* do Ti [SAMBRANO *et al.*, 2003].

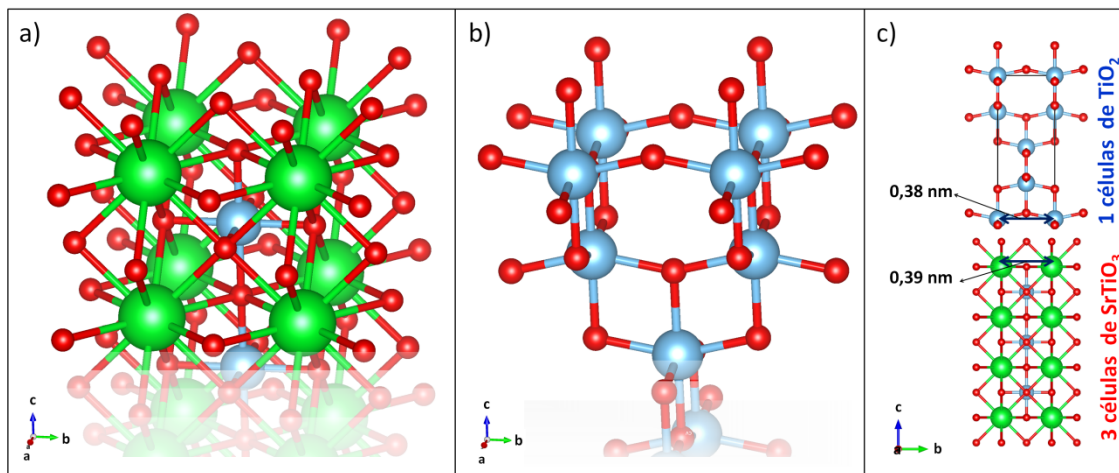


Figura 1. Estruturas geométricas do SrTiO_3 (a), TiO_2 (b), e $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ (c). As esferas de cor verde, azul e vermelha representam os átomos de Sr, Ti, e O, respectivamente. Em (c) é ilustrado o crescimento de uma célula unitária anatase do TiO_2 sobre três células unitárias do SrTiO_3 no eixo c.

Tendo em vista o tipo de aplicação a que se destina o material, deve-se selecionar as propriedades físico-químicas a serem obtidas para as heteroestruturas. Por exemplo, para aplicação fotocatalítica são requeridos defeitos que promovam a transferência dos portadores de carga do bulk para a superfície mantendo elétrons/buracos (e^-/h^+) separados o maior tempo possível evitando a recombinação dos éxcitons – par constituído pelo elétron fotogerado e o buraco eletrônico. Esta característica aumenta o tempo disponível para que ocorram as reações de oxirredução fotocatalítica. Neste caso, também é desejado que as heteroestruturas possuam elevada área de superfície, pois a reação fotocatalítica se processa na interface entre o catalisador sólido e o meio reacional geralmente líquido. Para o caso da aplicação das heterojunções como sensor de gás, além da elevada área de superfície uma propriedade que vem se mostrando importante é a formação de uma junção p-n, denominada região de depleção, formada por semicondutores do tipo n e do tipo p na interface das fases cristalinas entre os portadores de carga e^- e h^+ (BAO *et al.*, 2013; BAI *et al.*, 2016).

3 | SÍNTESE DOS MATERIAIS

3.1 Preparo do Sol-Gel TiO_2

O TiO_2 é preparado via método sol-gel usando razão molar de 1:4 de isopropóxido de titânio:ácido acético. Adiciona-se o isopropóxido de titânio ao ácido acético, sob agitação à temperatura ambiente, a seguir adiciona-se o álcool isopropílico e a solução permanece sob agitação por 1 hora (Figura 2a), a seguir a solução é deixada em repouso por 24 horas a temperatura ambiente, para a formação do gel.

3.2 Preparo da heterojunção $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$

A heterojunção é preparada em duas etapas. A primeira é a hidroxilação da superfície das partículas de SrTiO_3 para estabilização da suspensão de SrTiO_3 em água. Este procedimento consiste em adicionar H_2O_2 e NH_4OH à suspensão aquosa de SrTiO_3 , deixando-a sob agitação por 30 min a 50°C . Em seguida a temperatura é reduzida a 25°C e, sob agitação, adiciona-se ácido acrílico (dispersante), 2-metoxietanol e isopropanol na razão de 1:1 (estabilizantes) e polivinil álcool, PVA (ligante). A segunda etapa do processamento consiste na mistura da solução sol-gel (obtida no primeiro passo, item 3.1, antes de gelificar) à suspensão. A mistura resultante é deixada sob agitação branda a temperatura ambiente por 24 horas para formar um gel, Figura 2b.

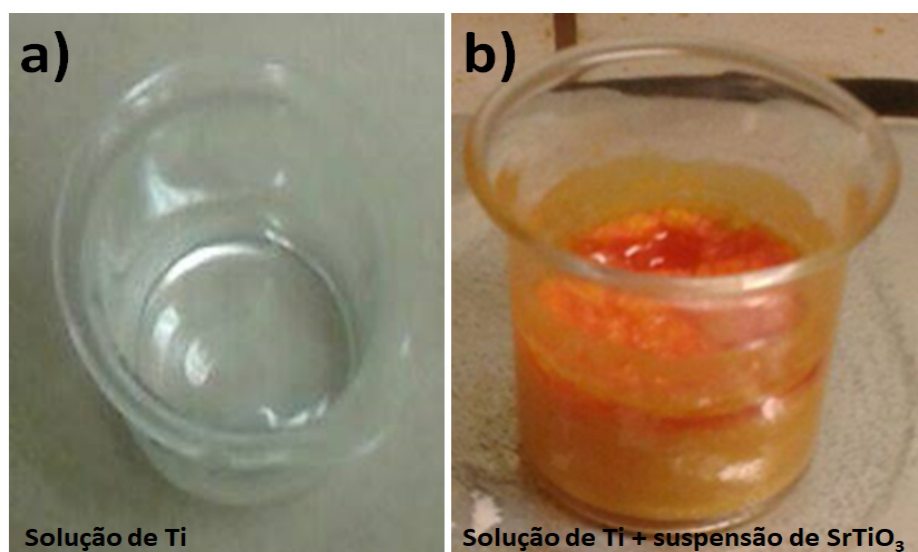


Figura 2. Gel formado antes (a) e após (b) a mistura com SrTiO_3 durante a síntese da heterojunção $\text{SrTiO}_3\text{-TiO}_2$.

3.3 Tratamento térmico e Caracterização

Após a formação do gel de titânio, contendo as partículas de SrTiO_3 para cristalizar o óxido de titânio foi feita uma sequência de tratamentos térmicos. Primeiro o gel foi seco em uma estufa a 100°C / 24 horas, em seguida foi tratado termicamente a 400°C / 2h e, por fim, a 500°C / 4h em forno mufla e atmosfera de ar estático. Os materiais foram então caracterizados por espectroscopia na região do infravermelho por um Espectrofotômetro de absorção na região do infravermelho médio com transformada de Fourier - VERTEX 70 da BRUKER. Análises termogravimétricas (TG/DTA) foram realizadas com um equipamento Netzsch, $5^\circ\text{C}/\text{min}$, ar sintético. Espectroscopia de refletância difusa foram feitas com um espectrofotômetro de absorção na região UV/Vis/NIR com esfera integradora de 150 mm de diâmetro com detectores InGaAs (NIR) e PMT (UV/Vis) de modelo Lambda 1050 da Perkin Elmer. Difractometria de raios X (DRX) foram realizados através de um difratômetro Rigaku®, modelo RINT2000. Microscopia eletrônica de transmissão (MET) foram feitas usando um microscópio FEI/PHILIPS CM120. Os testes fotocatalíticos foram realizados em um fotorreator

mantido a temperatura constante de 28 °C, sob borbulhamento de oxigênio (10 mL.min⁻¹) e irradiação de luz UV ($\lambda = 254$ nm) oriunda de uma lâmpada Phillips® germicida comercial. Soluções de rodamina-B com concentração de 0,01 mmol.L⁻¹, usado para teste de descoloração, foram inseridas no fotorreator. Alíquotas da solução analisada foram retiradas de tempos em tempos para caracterização espectroscópica de absorção no UV-Vis.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3a ilustra o espectro vibracional na região do infravermelho para a solução de titânio logo após formar o gel. O espectro apresenta uma intensa banda OH localizada entre 2500-3300 cm⁻¹, que representa característica de oclusão de H₂O, etanol, grupos hidroxí (Ti-OH) e de estiramentos de ligação OH dos ácidos presentes. A vibração presente em 1640 cm⁻¹ é referente a monômero de H₂O. Observa-se bandas a 1525 e 1400 cm⁻¹ de modos C-H referentes à complexação do isopropóxido com ácido acético, e em 1400-1375 e 1300-1275 cm⁻¹ de flexões C-H dos grupos etoxi (□Ti-OEt). O ácido acético usado na complexação com o isopropóxido de titânio dá origem a três modos vibracionais C-H no gel (1525, 1400 e 1030 cm⁻¹), grupos hidroxila (□Ti-OH) em bandas típicas a 900 e 750 cm⁻¹ (LOPES *et al.*, 1992; HSIANG *et al.*, 2005), e entre 880 e 400 cm⁻¹ de grupos hidroxila complexados ao titânio. A Figura 3b ilustra o espectro vibracional para o gel do compósito formado pela mistura da solução de titânio com a suspensão de SrTiO₃. A banda entre 3500-3300 cm⁻¹ é referente a amins secundárias advindas do NH₄OH usado na ativação da superfície do SrTiO₃. A banda em 1100 cm⁻¹ é referente a estiramento C-O característico de álcool secundário e a banda em 2975 cm⁻¹ correspondem a estiramento de carbono sp³ C-H proveniente do PVA usado como ligante na suspensão. Em 2630 cm⁻¹ e 1700 cm⁻¹ localizam-se bandas referentes aos estiramentos -OH dos álcoois e C=O de ácidos usados na síntese, respectivamente. Duas bandas de estiramentos em 1525 cm⁻¹ e 1375 cm⁻¹ são também referentes a grupos nitro do ácido nítrico usado para regular o pH. Dessa forma pode ser observado a complexação das partículas de SrTiO₃ com a solução de Ti durante a síntese.

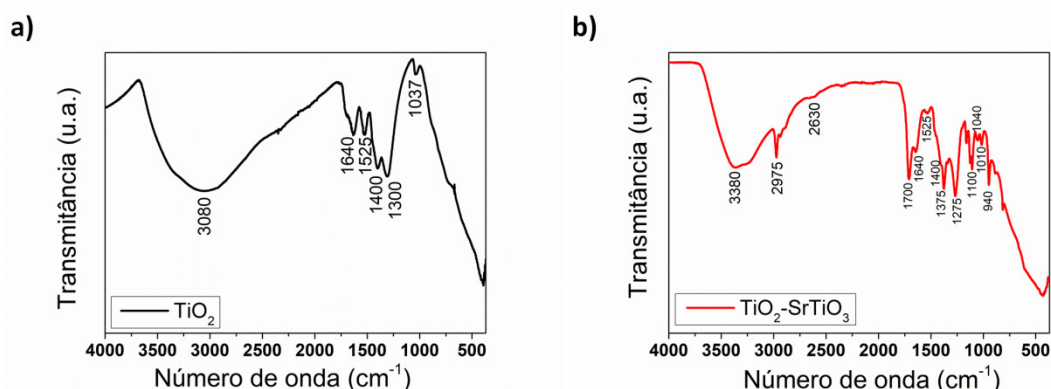


Figura 3. Espectros vibracionais no infravermelho da (a) solução precursora de TiO₂ e do (b)

gel obtido da mistura de solução de titânio mais a suspensão de SrTiO₃.

Análises da solução sol-gel de TiO₂ e da solução do compósito por TG/DTA são representadas na Figura 4. A curva da Figura 4a, ilustra o resultado obtido para a solução sol gel, são observadas duas regiões de perda de massa sendo uma próxima a 100 °C e ~ 380 °C, indicativas da eliminação de água e decomposição da matéria orgânica contida nos compostos ácido acético e isopropóxido de titânio. Na análise de DTA, curva em vermelho, os picos exotérmicos são observados na região de 160°C e 340°C e indicam a combustão da matéria orgânica. A existência de um ombro em aproximadamente 430°C na curva de DTA é atribuída a cristalização de fase do TiO₂. Na Figura 4b, são observadas três regiões de perda de massa, em 100 °C, 200 °C e 400 °C. A primeira perda indica a eliminação de solventes como a água. A segunda região, se refere à decomposição de compostos orgânicos e ao ligante PVA. A terceira região refere se à decomposição dos materiais plastificantes e demais materiais orgânicos. Os picos exotérmicos referem-se à combustão da matéria orgânica. Assim a diferença entre as curvas de perda de massa para o compósito com três regiões em relação à curva para o precursor sol-gel com duas regiões se deve a presença dos compostos orgânicos adicionados para a estabilização da suspensão das partículas de SrTiO₃.

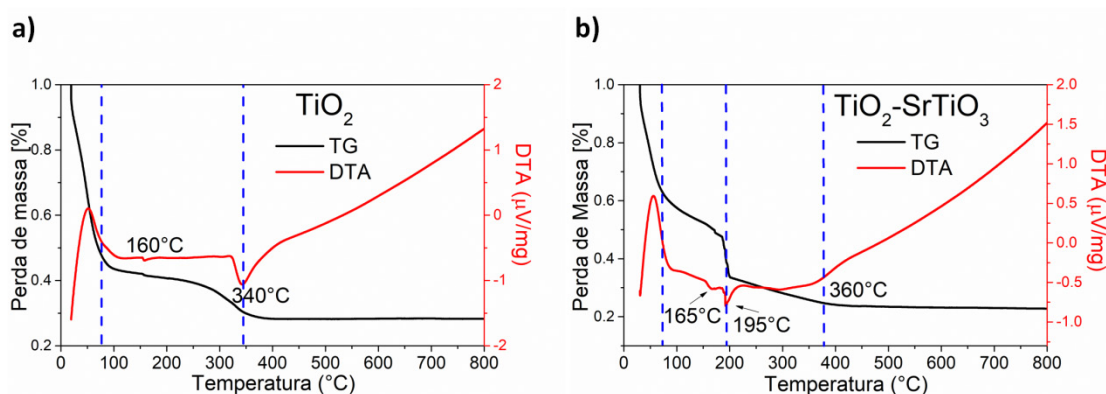


Figura 4. TG/DTA da (a) solução sol-gel de TiO₂ e (b) do compósito TiO₂-SrTiO₃.

A Figura 5a ilustra os difratogramas de raios X do TiO₂ puro e da heterojunção SrTiO₃/TiO₂. Para o TiO₂ puro, as reflexões do difratograma correspondem predominantemente à estrutura cristalina tetragonal anatase, em concordância com o banco de dados ICSD 9852, com um pico localizado a 27,3° correspondendo a estrutura tetragonal rutilo. Para a heterojunção observa-se picos correspondentes a fase tetragonal anatase do TiO₂ e da fase cristalina cubica do SrTiO₃ (ICSD 23076). Observa-se que as larguras à meia altura dos picos são grandes indicando que as partículas obtidas são de tamanho nanométrico.

Na Figura 5b estão as imagens das análises de MET para as partículas de heterojunção. Observa-se que as partículas são da ordem de 10 a 50 nm. Na Figura 5c observa-se a imagem de MET de alta resolução para a região de interface da

heterojunção. Os espaçamentos interplanares calculados para o lado esquerdo da imagem e de 0,352 nm, em concordância com a distância interplanar do plano (101) da fase cristalina tetragonal anatase do TiO_2 . No lado direito da imagem o espaçamento interplanar calculado foi de 0,276 nm, que está de acordo com a distância interplanar do (110) da fase cúbica do SrTiO_3 . Portanto, estes resultados demonstram a formação da heterojunção com o crescimento da fase de TiO_2 (101) sobre a fase de SrTiO_3 (110). Neste caso a diferença entre os retículos do plano (110) da fase cúbica do SrTiO_3 com 0,352 nm e a do plano (101) da fase cristalina tetragonal anatase do TiO_2 é de aproximadamente 21% o que gera uma distorção na rede na interface.

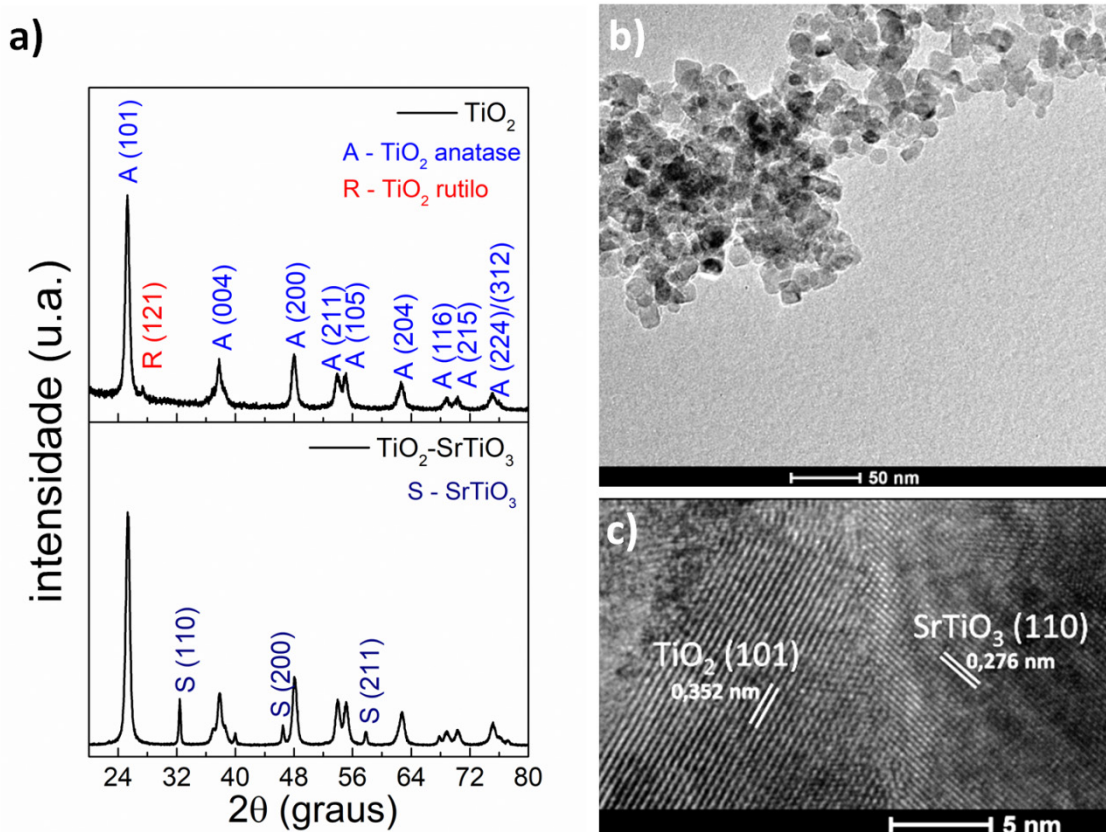


Figura 5. (a) Padrões de DRX para os pós de TiO_2 e da heterojunção SrTiO_3 - TiO_2 , (b) MET e (c) MET de alta resolução para a heterojunção.

Os espectros de refletância difusa no UV-Vis do TiO_2 (curva preta) e $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ (curva vermelha), representados na Figura 6a, revelam que os comprimentos de onda de absorção dos materiais são de 363 nm para o TiO_2 e 392 nm para $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$, ambos na região ultravioleta do espectro eletromagnético (menor do que 400 nm). O maior comprimento de onda de absorção da heteroestrutura é consequência da menor energia de *bandgap* da mesma em relação ao TiO_2 puro, cujos valores podem ser encontrados através de seus espectros eletrônicos (Figura 6b) obtidos através da função de Kubelka-Munk considerando *bandgap* indireto para o TiO_2 anatase e SrTiO_3 cúbico.

O valor de *bandgap* encontrado para o TiO_2 é menor do que o registrado na literatura de 3,2 eV (ETACHERI *et al.*, 2015) devido ao método e condições de síntese

que conferiu defeitos em sua rede cristalina e tamanho nanométrico das partículas e conseqüente diminuição do valor de E_{bg} . O espectro eletrônico do material $TiO_2/SrTiO_3$ possui duas regiões de decaimento exponencial, característica de materiais heteroestruturados devido a existência de duas fases cristalinas com valores de *bandgap* diferentes.

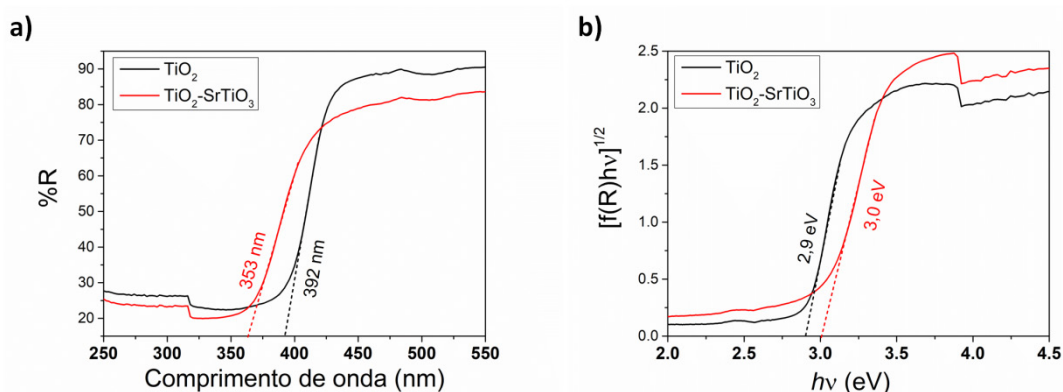


Figura 6. (a) Espectro de reflectância difusa no UV-Vis e (b) espectros eletrônicos de TiO_2 e $TiO_2/SrTiO_3$.

Na Figura 7 encontram-se representadas os resultados de porcentagem de descoloração de Rodamina-B pela ação fotocatalítica do TiO_2 puro (curva preta) e do compósito (curva vermelha). Nota-se que o compósito foi mais eficiente fotocataliticamente, apresentando 98% de descoloração ao final do experimento de 120 min, enquanto o TiO_2 promoveu uma porcentagem de 85% de descoloração. A melhor fotoatividade da heteroestrutura comparada a fotoatividade do TiO_2 puro também é observada nos 60 minutos iniciais de reação, no qual a heteroestrutura tem fotoatividade 25% maior que o TiO_2 . A maior eficiência fotocatalítica está relacionada à formação da heteroestrutura, a qual promove a junção entre as duas fases a diferença nos níveis da BV e BC entre o TiO_2 e o $SrTiO_3$ gerando níveis intermediários de energia o qual permite que o elétron permaneça maior tempo nos sítios da superfície do matéria e assim retarda a recombinação das cargas (elétron/buraco), aumentando a atividade fotocatalítica.

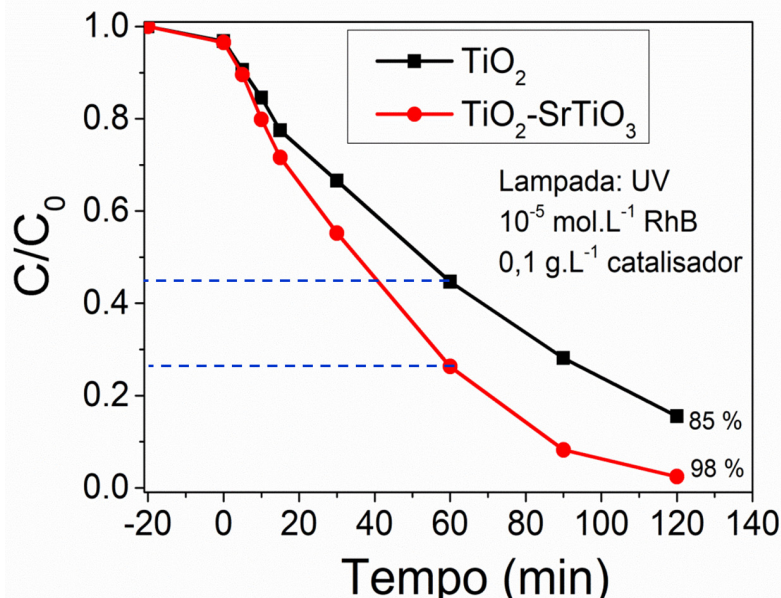


Figura 7. Testes fotocatalíticos com o TiO_2 puro e com a heterojunção.

5 | CONCLUSÕES

A heterojunção $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ foi formada e as análises por FTIR demonstraram a complexação das partículas durante a síntese. Os dados obtidos por TG/DTA demonstram a diferença de perda de massa e picos de combustão da matéria orgânica para a síntese do material puro e para a heterojunção. A difratometria de raios X demonstrou a policristalinidade das amostras com predominância da fase cristalina anatase para o TiO_2 e da fase cúbica para o SrTiO_3 . Resultados obtidos por TEM confirmaram a formação da heterojunção através da região de interface dos planos cristalinos (101) do TiO_2 com os planos (110) do SrTiO_3 . Resultados fotocatalíticos demonstram a maior fotoatividade para o material heteroestruturado comparado à fase pura de TiO_2 , comprovando a eficiência da heterojunção na formação de defeitos estruturais que promovem o aumento do tempo de recombinação elétron/buraco favorecendo a interação dos mesmos com o meio e contribuindo para maior eficiência do processo fotocatalítico.

REFERÊNCIAS

- AMORES, R. A. C.; TEODORO, V.; TEIXEIRA, G. F.; LI, M. S.; SIMÕES, A. Z.; PERAZOLLI, L. A.; LONGO, E.; ZAGHETE, M. A. Electrosteric colloidal stabilization for obtaining $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ heterojunction: Microstructural evolution in the interface and photonics properties. **Journal Of The European Ceramic Society**, v. 38, p. 1621-1631, 2018.
- BAI, S.; GUO, W.; SUN, J.; LI, J.; TIAN, Y.; CHEN, A.; LUO, R.; LI, D. Synthesis of $\text{SnO}_2\text{-CuO}$ heterojunction using electrospinning and application in detecting of CO. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 226, p. 96-103, 2016.
- BAO, M.; CHEN, Y.; LI, F.; MA, J.; LV, T.; TANG, Y.; CHEN, L.; XU, Z.; WANG, T. Plate-like p-n heterogeneous NiO/WO_3 nanocomposites for high performance room temperature NO_2 sensors. **Nanoscale**, v. 6, p. 4063-4066, 2014.

- CICHETTO, L.; SERGEENKOV, S.; DIAZ, J. C. C. A.; LONGO, E.; ARAÚJO-MOREIRA, F. M. Influence of substrate on structural and transport properties of LaNiO₃ thin films prepared by pulsed laser deposition. **AIP Advances**, v. 7, n. 025005, 2017.
- COLETO, U.; AMORES, R. A. C.; TEODORO, V.; IANI, I. M.; LONGO, E.; ZAGHETE, M. A.; PERAZOLLI, L. A. An approach for photodegradation mechanism at TiO₂/SrTiO₃ interface. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 29, p. 20329-20338, 2018.
- ETACHERI, V.; VALENTIN, C. D.; SCHNEIDER, J.; BAHNEMANN, D.; PILLAI, S. C.. Visible-light activation of TiO₂ photocatalysts: Advances in theory and experiments. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 25, p. 1-29, 2015.
- HAN, C.; SHAO, Q.; LEI, J.; ZHU, Y.; GE, S. Preparation of NiO/TiO₂ p-n heterojunction composites and its photocathodic protection for 304 stainless steel under simulated solar light. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 70, p. 530-537, 2017.
- HSIANG H.I., CHEN C.C., TSAI J.Y. Dispersion of nonaqueous Co₂Z ferrite powders with titanate coupling agent and poly(vinyl butyral). **Applied Surface Science**, v.245, p.252-259, 2005.
- HU, J.; SUN, Y.; XUE, Y.; ZHANG, M.; LI, P.; LIAN, K.; ZHUIYKOV, S.; ZHANG, W.; CHEN, Y. Highly sensitive and ultra-fast gas sensor based on CeO₂-loaded In₂O₃ hollow spheres for ppb-level hydrogen detection. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 257, p. 124-135, 2018.
- KAUR, N.; COMINI, E.; POLI, N.; ZAPPA, D.; SBERVEGLIERI, G. NiO/ZnO nanowire-heterostructures by vapor phase growth for gas sensing. **Procedia Engineering**, v. 168, p. 1140-1143, 2016.
- KUMAR, R. D.; THANGAPPAN, R.; JAYAVEL, R. Synthesis and characterization of LaFeO₃/TiO₂ nanocomposites for visible light photocatalytic activity. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v. 101, p. 25-33, 2017.
- LOPEZ T., SANCHEZ E., BOSCH P., MEAS Y., GOMEZ R. FTIR and UV-Vis (diffuse reflectance) spectroscopic characterization of TiO₂ sol-gel. **Materials Chemistry and Physics**, v.32, p.141-152, 1992.
- RANIERI, M. G.; AMORES, R. A. C.; RAMIREZ, M. A.; CORTES, J. A.; ROCHA, L. S. R.; SILVA, C. C.; SIMÕES, A. Z. Magnetolectricity at room temperature in the LaFeO₃/TiO₂ heterostructures. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 27, p. 9325-9334, 2016.
- ROSARIO, S. R.; KULANDAISAMY, I.; ARULANANTHAM, A. M. S.; KUMAR, K. D. A.; VALANARASU, S.; SHKIR, M.; KATHALINGAM, A.; ALFAIFY, A. Fabrication and characterization of lead sulfide (PbS) thin film based heterostructure (FTO/CdS/PbS/Ag) solar cell by nebulizer spray method. **Materials Research Express**, v. 6, n. 05416, 2019.
- SAMBRANO, J. R.; VASCONCELLOS, L. A.; MARTINS, J. B. L.; SANTOS, M. R. C.; LONGO, E.; BELTRAN, A. A theoretical analysis on electronic structure of the (110) surface of TiO₂-SnO₂ mixed oxide. **Journal of Molecular Structure: THEOCHEM**, v. 629, p. 307-314, 2003.
- WANG, C.; WANG, T.; WANG, B.; ZHOU, X.; CHENG, X.; SUN, P.; ZHENG, J.; LU, G. Design of α-Fe₂O₃ nanorods functionalized tubular NiO nanostructure for discriminating toluene molecules. **Scientific Reports**, v. 6, n. 26432, p. 1-9, 2016.
- XING, X.; XIAO, X.; WANG, L.; WANG, Y. Highly sensitive formaldehyde gas sensor based on hierarchically porous Ag-load ZnO heterojunction nanocomposites. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 247, p. 797-806, 2017.
- YU, J.; ZHANG, L.; CHEN, T.; BIAN, J.; SHI, J.; MENG, F.; HUANG, Y.; LIU, Z. Dual-Function Light-

Trapping: Selective Plating Mask of $\text{SiO}_x/\text{SiN}_x$ Stacks for Silicon Heterojunction Solar Cells. **Solar RRL**, v. 3, n. 1800261, 2019.

YUE, X.; ZHANG, J.; YAN, F.; WANG, X.; HUANG, F. A situ hydrothermal synthesis of $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ heterostructure nanosheets with exposed (0 0 1) facets for enhancing photocatalytic degradation activity. **Applied Surface Science**, v. 316, p. 68-74, 2014.

ZOU, W.; GE, C.; LU, M.; WU, M.; WANG, Y.; SUN, J.; PU, Y.; TANG, C.; GAO, F.; DONG, L. Engineering the NiO/CeO_2 interface to enhance the catalytic performance for CO oxidation. **RSC Advances**, v. 5, p 98335-98343, 2015.

SOBRE OS ORGANIZADORES

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

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-472-6

