



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 5

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 5

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: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 5 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 5)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-623-2 DOI 10.22533/at.ed.232191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 5º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES	
Shara Katerine Moreira Jorge Leal Rosilanny Soares Carvalho Daiane Antunes Pinheiro Vitor Soares	
DOI 10.22533/at.ed.2321911091	
CAPÍTULO 2	12
ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS	
Daiani Finatto Bianchini Cátia Maria Nehring	
DOI 10.22533/at.ed.2321911092	
CAPÍTULO 3	26
AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA	
Aline Aparecida Carvalho França Vanessa Borges Vieira Thais Teixeira da Silva Sâmia Dantas Braga Ludyane Nascimento Costa John Cleiton dos Santos Denise Araújo Sousa Alexandre Diógenes Pereira Benedito dos Santos Lima Neto Francielle Aline Martins José Luiz Silva Sá José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.2321911093	
CAPÍTULO 4	35
ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU	
Luiz Vinicius de Menezes Soglia Jorge Henrique de Oliveiras Sales Pedro Henrique Sales Giroto	
DOI 10.22533/at.ed.2321911094	
CAPÍTULO 5	47
ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS	
Leandro Teles Antunes dos Santos Erasmus Tales Fonseca Patrícia Milagre de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.2321911095	

CAPÍTULO 6	58
UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
Morgana Scheller Lariça de Frena Alan Felipe Bepler Tayana Cruz de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2321911096	
CAPÍTULO 7	71
LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS	
Pamela Suelen Pantoja Egues Cristiane Ruiz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.2321911097	
CAPÍTULO 8	79
MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL	
Higor Luis Silva Denner Miranda Borges	
DOI 10.22533/at.ed.2321911098	
CAPÍTULO 9	86
ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	
Ianyqui Falcão Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2321911099	
CAPÍTULO 10	103
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES	
Adriana Parahyba Barroso Jocileide Sales Campos Edgar Marçal	
DOI 10.22533/at.ed.23219110910	
CAPÍTULO 11	113
ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS	
Jeanne Louize Emygdio Eduardo Ribeiro Felipe Maurício Barcellos Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.23219110911	
CAPÍTULO 12	126
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS	
Isaide de Araujo Rodrigues Deracilde Santana da Silva Viégas Ziel dos Santos Cardoso Ana Maria de Oliveira Brett	
DOI 10.22533/at.ed.23219110912	

CAPÍTULO 13 138

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior
Marcelle Dias dos Reis
Luana de Oliveira Santos
Andressa da Silva Antunes
Cristina Maria Barra
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
Otavio Raymundo Lã
Rosane Nora Castro
Matthieu Tubino
Acácia Adriana Salomão
Willian Leonardo Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110913

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota
Márcia Facundo Aragão

DOI 10.22533/at.ed.23219110914

CAPÍTULO 15 155

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza
Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos
Evandro Schmitt
Írismar da Silva Genuíno

DOI 10.22533/at.ed.23219110915

CAPÍTULO 16 164

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

DOI 10.22533/at.ed.23219110916

CAPÍTULO 17 175

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle
Jordana Finatto
Ketlin Fernanda Rodrigues
Gabriela Vettorello
Ani Carolina Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Ytan Andreine Schweizer
Valeriano Antônio Coberllini
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.23219110917

CAPÍTULO 18	188
A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Daniel Martins Nunes Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos	
DOI 10.22533/at.ed.23219110918	
CAPÍTULO 19	195
A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
Caroline Ketlyn M. Da Silva Francisca Georgiana M. do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.23219110919	
CAPÍTULO 20	209
A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	
Robert Mady Nunes Wilmar Borges Leal Júnior Marcos Dias da Conceição Valber Sardi Lopes Greice Quele Mesquita Almeida Andrea Barboza Proto Helaís Santana Lourenço Mady Suzane Aparecida Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.23219110920	
CAPÍTULO 21	221
SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM	
Pedro Henrique Sales Giroto Jorge Henrique de Oliveiras Sales	
DOI 10.22533/at.ed.23219110921	
CAPÍTULO 22	233
ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRÁFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	
Bento Francisco dos Santos Júnior Fabiane Santos Serpa Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Adriele Santos Souza Antonio Vieira Matos Neto	
DOI 10.22533/at.ed.23219110922	
CAPÍTULO 23	248
FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO	
Felipe Kupka Feliciano Antonio Marcos Feliciano César Panisson Édis Mafra Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.23219110923	

CAPÍTULO 24	262
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO	
Rosilene Abreu Portella Corrêa	
Cleber de Almeida Corrêa Junior	
Jorge Luiz Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110924	
CAPÍTULO 25	274
APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS <i>HUBPORTS</i> DA CABOTAGEM BRASILEIRA	
Carlos César Ribeiro Santos	
Hernane Borges de Barros Pereira	
Anderson da Silva Palmeira	
Marcelo do Vale Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110925	
CAPÍTULO 26	287
IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSiW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA	
Mateus Freitas Paiva	
Juliane Oliveira Campos de França	
Elon Ferreira de Freitas	
José Alves Dias	
Sílvia Cláudia Loureiro Dias	
DOI 10.22533/at.ed.23219110926	
CAPÍTULO 27	298
MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA	
Gustavo Amorim Santos	
Luciane Dias Pereira	
Suzana da Costa Santos	
Pedro Henrique Ferri	
DOI 10.22533/at.ed.23219110927	
CAPÍTULO 28	310
O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva	
Tamires Bon Vieira	
Monalisa da Silva	
Leonardo Geziel de Matos Dada	
Carla Daniela Guasseli da Silva Engel	
DOI 10.22533/at.ed.23219110928	
CAPÍTULO 29	319
O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”	
Renato Darcio Noleto Silva	
Cinthia Cunha Maradei Pereira	
Fábio José da Costa Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110929	

CAPÍTULO 30 333

O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY

Jerry Wendell Rocha Salazar
Delcineide Maria Ferreira Segadilha

DOI 10.22533/at.ed.23219110930

CAPÍTULO 31 345

BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Monys Martins Nicolau
Eryslânia Abrantes Lima
Solon Diego Garcia Moreira
Amanda Oliveira de Miranda
Saymon Bezerra de Sousa Maciel
Elder Gonçalves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.23219110931

CAPÍTULO 32 355

PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi
Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi
Vera Lúcia Imbiriba Bentes

DOI 10.22533/at.ed.23219110932

CAPÍTULO 33 366

PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE

Gisele Caroline Urbano Lourenço
Mariana Oliveira
Danieli Pinto
Nelson Tenório
Pedro Henrique Lobato
Amanda Vidotti

DOI 10.22533/at.ed.23219110933

CAPÍTULO 34 376

O *SOFTWARE* GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA

Taiane de Oliveira Rocha Araújo
Maria Deusa Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110934

CAPÍTULO 35 385

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPORTADO EM MgCO₃

Fernanda Amaral de Siqueira
Camila Rodrigues Cabreira
Pedro Henrique Kamogawa Chaves

DOI 10.22533/at.ed.23219110935

CAPÍTULO 36	396
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA	
Francisco Glauber de Brito Silva Leonardo Alcântara Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110936	
CAPÍTULO 37	407
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA	
Eduardo Braga Costa Santos Denise Dantas Muniz Eliandro Pereira Teles Danielle Guedes de Lima Cavalcante Ricardo Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110937	
SOBRE O ORGANIZADOR	419
ÍNDICE REMISSIVO	420

IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSIW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA

Mateus Freitas Paiva

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Juliene Oliveira Campos de França

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Elon Ferreira de Freitas

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

José Alves Dias

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Sílvia Cláudia Loureiro Dias

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

RESUMO: A crescente demanda por processos ambientalmente amigáveis e o uso de catalisadores ácidos inorgânicos em reações homogêneas torna-se cada vez mais obsoleto. Dentro desta perspectiva, a procura e produção de materiais cuja eficiência catalítica possa ser incrementada vem se destacando nas pesquisas acadêmicas. Classicamente utilizados em catálise do tipo “Bulk”, heteropoliácidos do tipo Keggin (HPA's) são considerados superácidos bastante versáteis em solução. A fim de superar limitações em relação a sua baixa área específica, estes podem ser suportados em

diferentes peneiras moleculares. No presente trabalho, o ácido 12-tungstosilícico (HSiW) foi impregnado em diferentes concentrações na zeólita Y comercial e caracterizado por várias técnicas: FRX/EDX, FT-IR, DRX, MAS-RMN de ^{27}Al , fissisorção de N_2 a baixa temperatura e adsorção/desorção gasosa de piridina, (TG/TPD). Observou-se a importância que a sua inserção e consequente heterogeneização tiveram nas propriedades finais de uma nova classe de catalisadores de interesse ambiental. Eles apresentaram boas taxas de conversão nas reações de esterificação do butanol com ácido acético ($\geq 58\%$ em 4 h), sem lixiviação da fase ativa.

PALAVRAS-CHAVE: Ácido silicotungstico, Zeólita Y, Impregnação Incipiente, Esterificação.

INCIPIENT WETNESS IMPREGNATION OF HSIW ON ZEOLITE Y TO BUTYL ACETATE PRODUCTION

ABSTRACT: The increasing demand for environmentally friendly processes made obsolete the use of inorganic acid catalysts in homogeneous reactions. From this perspective, the demand and production of materials whose catalytic efficiency can be increased has been highlighted in academic research. Keggin-type heteropolyacids (HPA's), classically used

in Bulk catalysis, are considered very versatile superacids in solution. In order to overcome limitations in relation to their low specific surface, they may be supported on different molecular sieves. In the present work, 12-tungstosilicic acid (HSiW) was impregnated at different concentrations in the commercial zeolite Y and characterized by several techniques: XRF/EDX, FT-IR, XRD, ^{27}Al MAS-NMR, N_2 physisorption at low temperature, gas adsorption/desorption of pyridine (TG/ TPD). It was observed the importance of HSiW insertion and consequent heterogenization had on the final properties of a new class of catalysts of environmental interest. They presented higher conversion rates in the esterification reactions of butanol with acetic acid ($\geq 58\%$ in 4 h), without leaching out the active phase.

KEYWORDS: Silicotungstic acid, Zeolite Y, Incipient wetness impregnation, Esterification.

1 | INTRODUÇÃO

Na busca de catalisadores alternativos para uma química sustentável, as pesquisas acerca de processos catalíticos heterogêneos vêm se intensificando, visto que estes possibilitam o uso contínuo e duradouro de materiais (SCHMAL, M., 2011; WYPYCH, F., 2012).

Heteropoliácidos do tipo Keggin apresentam uma elevada acidez e um grande potencial oxidante eficiente. Devido a sua alta força ácida e estabilidade térmica, os HPA's vêm sendo usados em várias reações ácidas, porém com a desvantagem de serem catalisadores homogêneos (JÚNIOR, W. A. G., 2008).

O ácido 12-tungstosilícico (HSiW) têm despertado crescente interesse da comunidade científica por apresentar-se como um substituinte a ácidos inorgânicos clássicos e poder ser aplicado em múltiplas reações industriais, tais como: hidratação de olefinas, síntese de acetato de etila, oxidação de etileno para produção de ácido acético etc. (OLIVEIRA, K. I. S., 2009).

A fim de aperfeiçoar a sua eficiência catalítica, usa-se comumente um suporte de maior área específica que possa agir como substrato ou estrutura para o componente catalítico e que seja capaz de realizar processos heterogêneos. Um catalisador suportado é aquele em que a fase ativa é dispersa sobre um material usualmente inerte e poroso (PRADO, A. G., 2003; BORGES, L. D., 2011; OLIVEIRA, K. I. S., 2013).

Os suportes devem apresentar alta área superficial com o objetivo de aumentar a acessibilidade aos sítios ativos destes materiais de modo que a catálise seja eficaz. É comum que zeólitas sejam utilizadas como suporte, devido as suas propriedades como: alta seletividade de forma, decorrente da complexa rede de canais existentes na sua estrutura; alta capacidade de adsorção e elevada área superficial específica. (LUNA, F.J., SCHUCHARDT, U., 2001; PRADO, A. G., 2003; BORGES, L. D., 2011).

Desde sua primeira aplicação, em 1962, no craqueamento catalítico em leito fluidizado (FCC, sigla em inglês para *Fluid Catalytic Cracking*) de destilados de petróleo bruto, até a atualidade, a zeólita Y (classe mineralógica da faujasita), vêm ganhando cada vez mais destaque devido a sua relevância em processos industriais modernos (JIN, D. *et al.*, 2009).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi preparar, caracterizar (estrutural/morfológicamente) e avaliar a atividade catalítica de catalisadores de HSiW impregnado em zeólita Y em reações de esterificação do ácido acético com n-butanol para produção de acetato de butila.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Impregnação do ácido silicotúngstico em Zeólita y

A etapa do preparo tem forte impacto sobre a qualidade final de um catalisador. No presente trabalho foi escolhido o método impregnação incipiente (ERTL, G., KNÖZINGER, H., WEITKAMP, J., 1997) para a obtenção dos materiais. A zeólita Y amoniacal (CBV 500, Zeolyst, razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,2$ e $\text{Na}_2\text{O} = 0,2$) foi previamente calcinada a $500\text{ }^\circ\text{C}/8\text{ h}$ para a obtenção da sua forma protônica (HY). O HSiW (Aldrich) foi dissolvido em um volume de 1,8 mL de solução $0,1\text{ mol L}^{-1}$ de HCl e esse volume foi aspergido sobre a HY sob agitação mecânica. Em seguida, os suportes impregnados passaram por uma secagem controlada para a retirada do solvente e permanência do precursor nos poros (Figura 1). Esse procedimento foi realizado em um rotaevaporador (RE-120, Büchi) sob vácuo, com um banho a $80\text{ }^\circ\text{C}/4\text{ h}$. Esses materiais foram tratados em forno mufla a $300\text{ }^\circ\text{C}/4\text{ h}$ e nomeados de X%HSiW/Y.

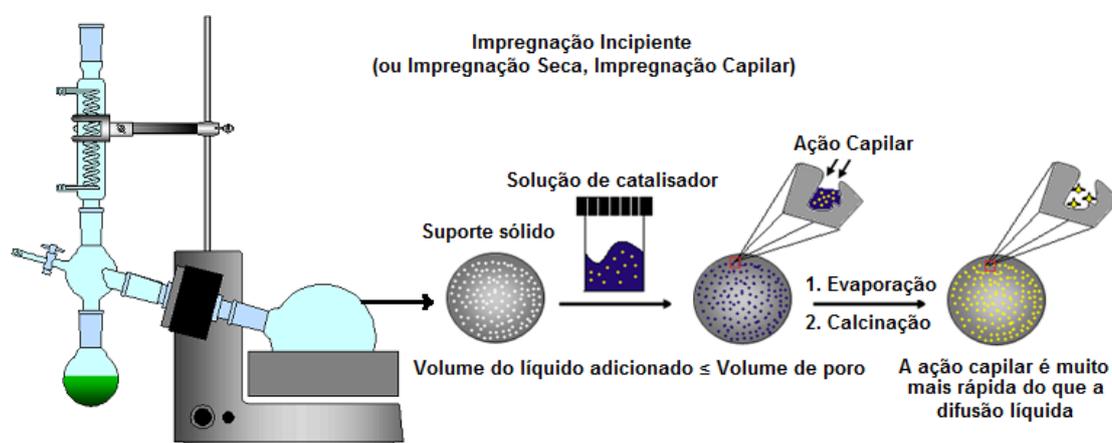


Figura 1. Representação do método de impregnação incipiente para a preparação de catalisadores suportados.

2.2 Caracterização dos materiais

As quantidades reais de HSiW presente na matriz zeolítica foram determinadas através do método quantitativo de fluorescência de raios X por energia dispersiva (FRX/EDX, Shimadzu, EDX-720). Para verificar a interação do heteropoliácido com o suporte utilizou-se a Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR, Varian 640).

Quanto as propriedades estruturais foram realizadas medidas de Difração de Raios X (DRX, Bruker, D8Focus, radiação Cu-K α de 1,5418 Å) utilizando porta amostra de alumínio (sinal intenso e constante no ângulo de 2 θ igual a 44,7°, tomando como sinal de intensidade padrão).

Espectros de ^{27}Al foram obtidos por Ressonância Magnética Nuclear em Estado Sólido (MAS-RMN, Bruker 600 MHz, Avance) para verificar os ambientes químicos presentes na rede zeolítica e a influência do HSiW sobre estes.

Experimentos de adsorção gasosa de piridina com posterior análise termogravimétrica (TA Instruments, SDT 2960) simularam uma dessorção térmica programada (TPD) da piridina, a fim de verificar o número de sítios ácidos na estrutura dos materiais sintetizados.

Por fim, testes de lixiviação simulada seguindo método descrito na literatura (FREITAS, E. F. de *et al.*, 2017) foram realizados para verificar a força de interação entre o HSiW e a zeólita Y, bem como a estabilidade do catalisador na presença de solventes polares.

2.3 Teste catalítico

O experimento reacional foi realizado em microreatores de 5 mL utilizando-se 10% (m/m) de catalisador em relação ao ácido acético. Os catalisadores foram tratados termicamente a 300 °C (para remoção de água adsorvida pelo material catalítico). Os reagentes (n-butanol e ácido acético) foram adicionados no reator na proporção molar ácido acético:n-butanol 1:2. A mistura foi mantida sob agitação magnética a 100 °C por 1 h. Para separação do líquido e do catalisador foi utilizado uma centrifuga. Os valores de conversão foram obtidos por análise em CG-FID (Shimadzu, GC-17A).

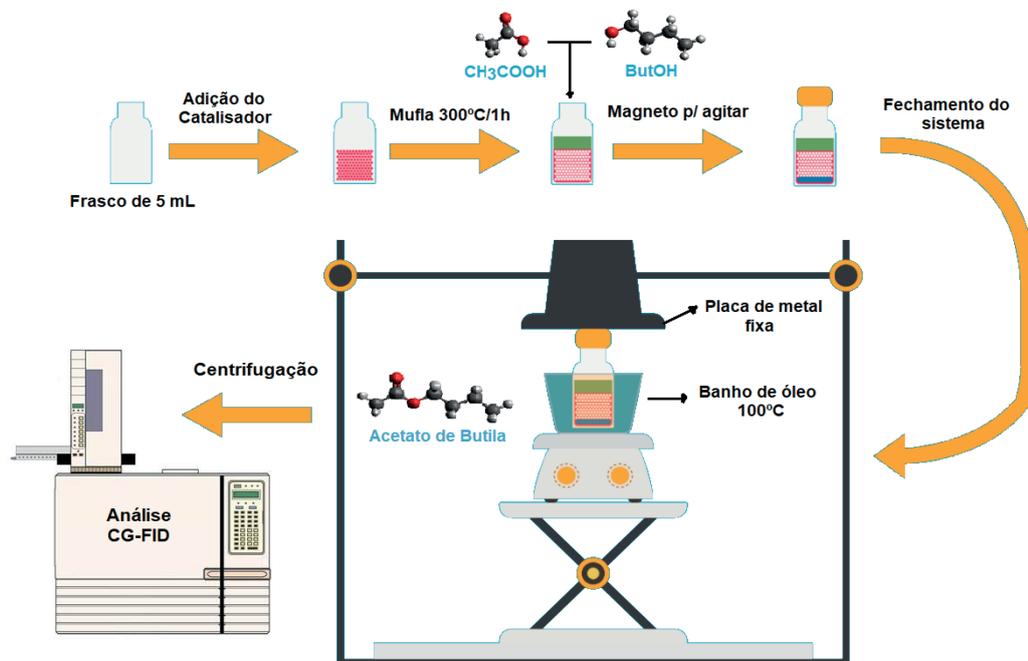


Figura 2. Representação simplificada do sistema reacional desenvolvido no laboratório utilizado na reação de esterificação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise elementar via FRX/EDX apontou que foram preparados materiais nos teores de 5, 7, 9 e 12% de ácido silicotungstico.

Heteropoliácidos do tipo Keggin possuem quatro ambientes químicos para o oxigênio quando analisador via infravermelho: doze ligações duplas terminais $W=O$ (985 cm^{-1}), doze ligações $W-O-W$ (807 cm^{-1}) quase lineares conectando duas diferentes tríades (W_3O_{13}), doze ligações $W-O_b-W$ (887 cm^{-1} , O arestas) angulares formadas pelo octaedro com o grupo W_3O_{13} (KOZHEVNIKOV, I. V., 1998). Para os materiais sintetizados, o espectro de FT-IR apresentou bandas características $Si-O_a$ (O, tetraedro central) em 921 cm^{-1} e $W-O_c-W$ em 921 cm^{-1} (O, vértices), evidenciando a presença do ânion de Keggin do HSiW suportado na zeólita Y (Figura 3). As demais bandas não se sobressaíram muito no espectro, devido a possível sobreposição das bandas do HSiW com as bandas da zeólita, localizadas em 1030 e em 1147 cm^{-1} (GIANNETTO, P., 1990). Ainda assim, há uma diminuição na intensidade e relativo deslocamento das bandas características da zeólita Y, conforme se aumenta a quantidade de HSiW. Isso sugere que há uma interação entre a estrutura da zeólita com o HSiW.

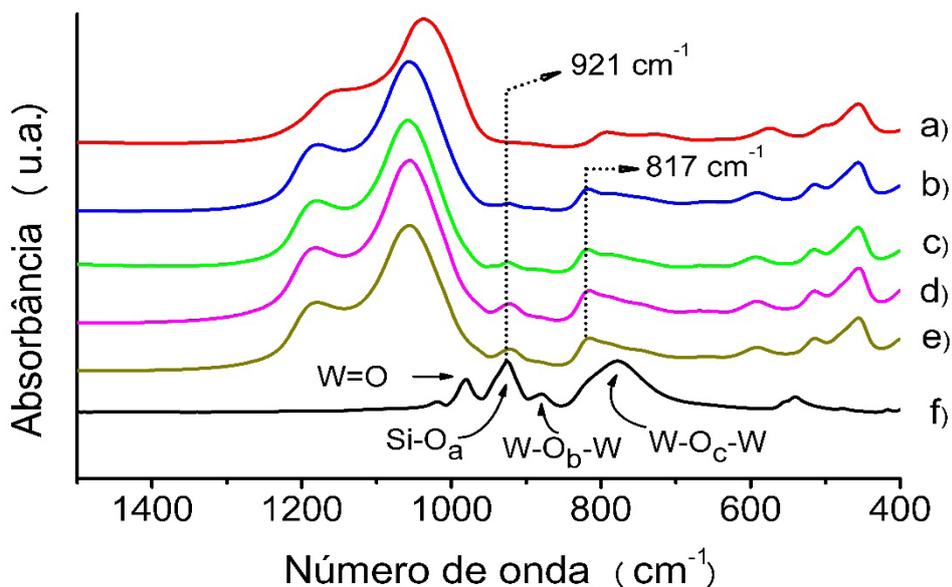


Figura 3. Espectros de FT-IR: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro.

Os resultados de DRX (Figura 4) evidenciaram que o HSiW está bem disperso na zeólita Y, já que não foi possível identificar picos característicos dos seus cristais nos materiais suportados. Foi observado ainda uma diminuição na intensidade das reflexões para a zeólita Y com o aumento da quantidade de HSiW no suporte.

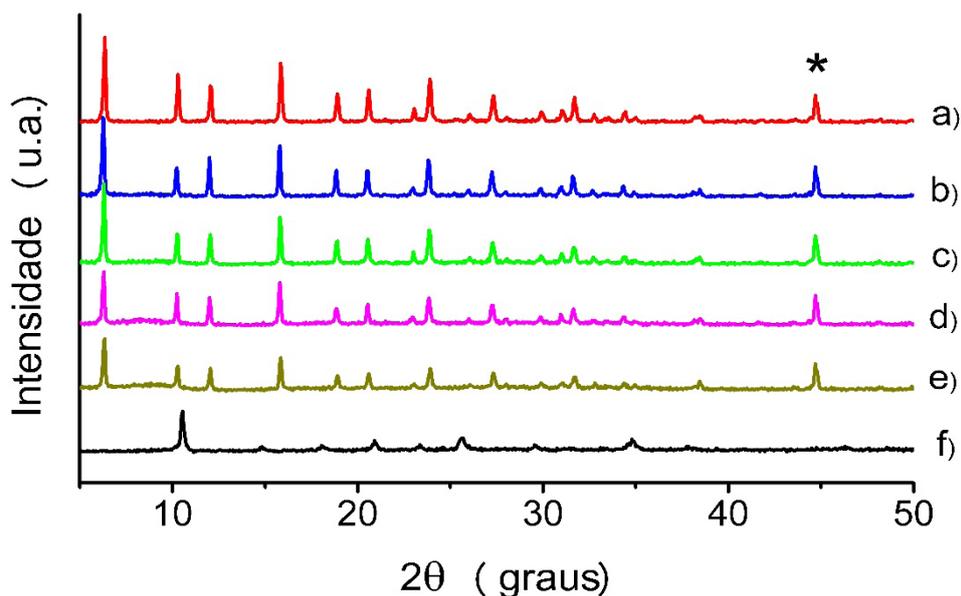


Figura 4. Padrões de DRX: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro. O (*) no DRX indica o pico relacionado ao porta amostra de alumínio, utilizado como sinal de intensidade padrão no cálculo de cristalinidade.

Na posse destes dados, juntamente com isotermas obtidas da fissorção de N_2 a baixa temperatura foi possível determinar, seguindo metodologia de Giannetto (1990), a cristalinidade relativa das amostras (Tabela 1).

Material	C _{DRX} (%)	C _{FIS} (%)
5%HSiW/Y	98	93
7%HSiW/Y	87	91
9%HSiW/Y	81	85
12%HSiW/Y	78	84

Tabela 1. Cristalinidades calculadas usando DRX (C_{DRX}) e fissisocção de nitrogênio (C_{FIS}) para os catalisadores suportados preparados pelo método de impregnação incipiente.

Mesmo após a impregnação, a cristalinidade permaneceu alta, indicando que a estrutura zeolítica teve poucas modificações com a inserção incipiente do HSiW. A perda observada pode estar relacionada à remoção de alumínio da rede pelo heteropoliácido, que ao fazê-la gera ambientes favoráveis para sua deposição, agora numa nova configuração (FREITAS, E. F. de *et al.*, 2018).

Os espectros de MAS-RMN de ²⁷Al (Figura 5) confirmaram a existência de 2 ambientes químicos distintos nos materiais: um em aproximadamente 60 ppm (alumínio tetraédrico) e outro em 0 ppm (alumínio hexacoordenado).

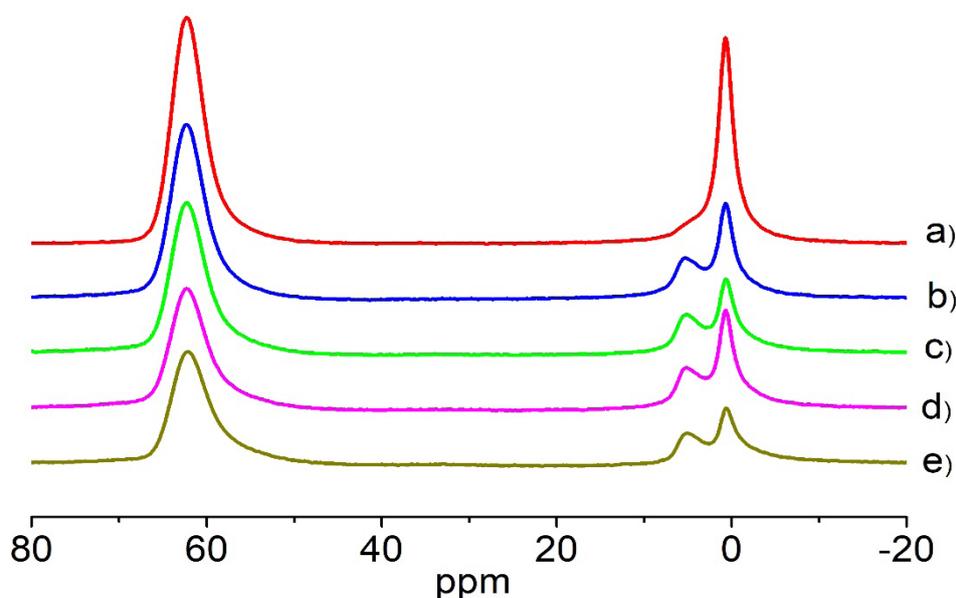


Figura 5. Espectros de MAS-RMN de ²⁷Al: a) Zeólita Y pura; (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9, 12%).

Estes ambientes hexacoordenados, por sua vez, podem ser responsáveis pelo aumento da mesoporosidade de segunda ordem nos materiais e apresentam a capacidade de se ligar fortemente ao HSiW, tornando os catalisadores mais estáveis e resistentes a lixiviação em solventes polares, conforme posteriormente verificado experimentalmente.

A fim de verificar as propriedades texturais dos materiais (área de microporos, mesoporos e área externa) foram geradas isotermas de adsorção/dessorção em N₂ à baixa temperatura. Foi possível observar que o HSiW apresentou uma área específica muito pequena ($\approx 5 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), justificando-se assim a necessidade de suportá-lo em

uma matriz como a zeólita Y. A Figura 6 indica que no geral, a distribuição de áreas se manteve praticamente constante após a impregnação e que existe um aumento da mesoporosidade nos materiais suportados em comparação a zeólita Y pura, conforme previsto na análise dos ambientes pelos espectros de MAS-RMN de ^{27}Al .

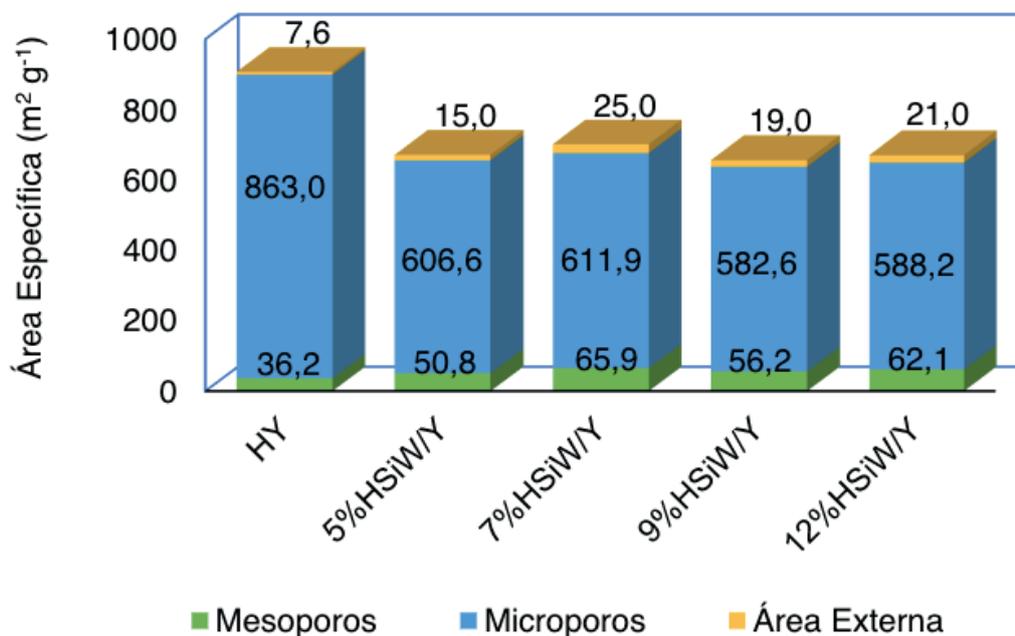


Figura 6. Distribuição de áreas para os materiais preparados. Área superficial externa obtida pelo método t-Plot, área de microporos obtida pelos métodos BET e t-Plot (subtração da área superficial específica de BET da área superficial externa de t-Plot) e área de mesoporos obtida pelo método BJH.

Em relação aos parâmetros de acidez, como natureza e proporção dos sítios ácidos do HSiW suportado na zeólita Y, estas foram verificadas utilizando a piridina como molécula sonda adsorvida no catalisador. A análise por espectroscopia FT-IR permitiu verificar qualitativamente a presença dos sítios ácidos a partir das bandas vibracionais de interação da piridina (Figura 7). Nas amostras suportadas, há uma clara redução da acidez de Lewis em relação a de Brønsted, devido a interação que ocorre entre o ânion de Keggin e os ambientes de alumínio fora da rede. O conhecimento desta informação permite realizar uma adequada seleção de possíveis aplicações dos materiais sintetizados. Conforme descrito na literatura (CORMA, A., 1995), sítios de Brønsted são apropriados para aplicação em reações tais como esterificação, polimerização e desidratação seletiva de álcoois. No presente estudo, escolheu-se esterificação do ácido acético com n-butanol como reação teste para se verificar a atividade catalítica dos materiais.

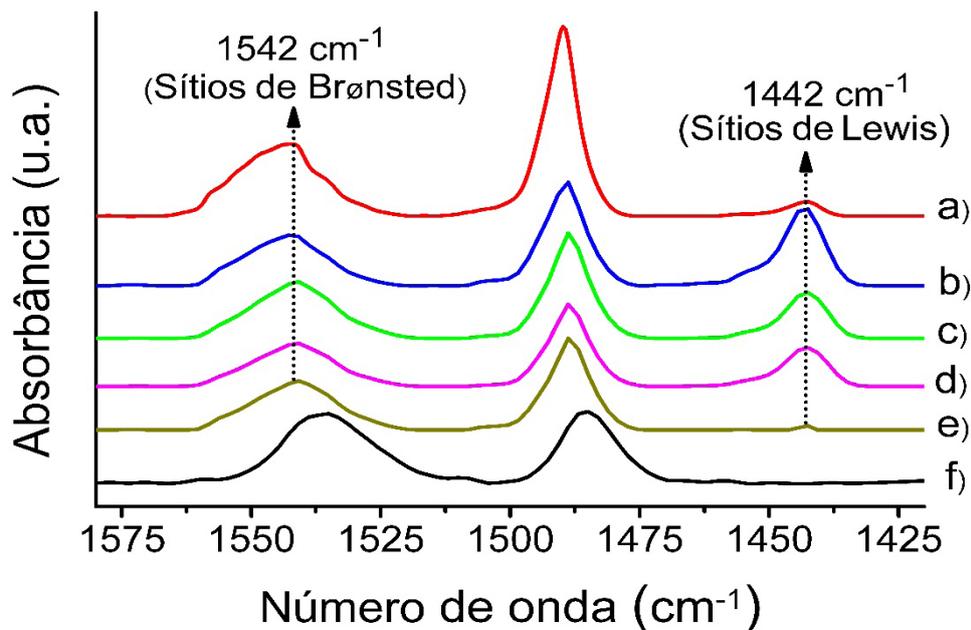


Figura 7. Espectros de FT-IR após adsorção gasosa de piridina: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro.

A Tabela 2 apresenta o número total de sítios ácidos e os valores de conversão obtidos no primeiro ciclo catalítico da produção do acetato de butila. Os materiais de HSiW impregnados apresentaram atividades distintas, e alguns foram muito ativos na reação testada, quando comparados aos padrões reacionais e usando apenas os reagentes. Foi observado ainda que à medida que o tempo reacional foi variado os valores de conversão também aumentaram, até que em cerca de 4 h de experimento um estado de equilíbrio foi atingido, obtendo-se um máximo de 73% de conversão para a amostra de 9%HSiW-Y, que foi aquela com maior número de sítios.

Visando obter informações sobre a estabilidade desta amostra frente a reutilização, outros 2 ciclos catalíticos foram realizados. A Tabela 3 mostra os resultados deste experimento para 1 h, onde verificou-se que a atividade catalítica do material permaneceu quase inalterada, sendo este um indicativo da manutenção da estrutura dos catalisadores mesmo na presença de solventes polares.

Material	N_{Py}^a (mmol g^{-1})	Conversão ^b (%)							
		Tempo (h)							
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
5%HSiW-Y	0,66	10	20	24	37	44	55	56	58
7%HSiW-Y	0,79	12	25	31	47	53	65	66	68
9%HSiW-Y	0,87	29	40	45	58	64	72	72	73
12%HSiW-Y	0,82	26	33	40	57	61	63	67	71

Tabela 2. Número total de sítios ácidos e valores de conversão obtidos na reação de esterificação.

^aQuantidade de piridina adsorvida nos catalisadores. Valores obtido por TG/TPD. Parâmetros de

referência na acidez: HY-Pura = 1,03 mmol/g; HSiW Puro = 0,90 mmol/g; ^bValores obtidos por CG; Testes padrões (brancos) da reação para 1 h – Zeólita Y: 22% (catálise heterogênea); HSiW: 78% (homogênea); Apenas reagentes de partida: 18%.

Ciclo	Conversão ^a (%)
1	40
2	38
3	37

Tabela 3. Avaliação da conversão na reutilização do catalisador de 9%HSiW/Y em distintos ciclos reacionais.

^aApós 1 h de reação ocorreu a separação do catalisador por centrifugação, com posterior secagem a 100 °C/24 h.

4 | CONCLUSÃO

Uma nova classe de catalisadores heterogêneos de interesse ambiental foi sintetizada realizando-se a inserção incipiente em baixas proporções de HSiW em zeólita Y. Estes materiais se mostraram mais estáveis estruturalmente, com melhor interação entre o ácido silicotungstico e o suporte, apresentando maiores taxas de conversão na reação de esterificação do ácido acético com n-butanol e não havendo a lixiviação da fase ativa. Fatores como adequada distribuição de áreas, disponibilidade de sítios ácidos e manutenção das estruturas zeolítica e de Keggin demonstrados nos resultados, se mostraram essenciais para compreensão da atividade catalítica, permitindo ao final do estudo a realização de uma otimização relativa ao tempo reacional e a recuperação dos catalisadores. Além da reação de esterificação, os resultados indicam que os materiais são sólidos ácidos promissores para aplicação em outras reações dependentes de forte acidez de Brønsted.

REFERÊNCIAS

BORGES, Luciana Diniz. **Preparação e atividades catalíticas de zeólitas Y desaluminizadas**. Brasília, Distrito Federal: UnB, 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 2011.

CORMA, A. Inorganic Solid Acids and Their Use in Acid-Catalyzed Hydrocarbon Reactions. **Chemical Reviews**, v. 95, n. 3, p. 559-614, 1995.

ERTL, G., KNÖZINGER, H., WEITKAMP, J. (ed.) **Handbook of Heterogeneous Catalysis**. Weinheim: Wiley VCH, 1997.

FREITAS, E. F. de *et al.* Comparative acidity of BEA and Y zeolite composites with 12-tungstophosphoric and 12-tungstosilicic acids. **Molecular Catalysis**, v. 458, p. 152-160, 2018.

FREITAS, E. F. de *et al.* Generation and characterization of catalytically active sites of heteropolyacids on zeolite Y for liquid-phase esterification. **Catalysis Today**, v. 289, p. 70-77, 2017.

GIANNETTO P. **Zeólitas: Características, propiedades y aplicaciones industriales**. Caracas: EdIT - Editorial Innovación, 1990.

JIN, D. *et al.* Microwave assisted in situ synthesis of USY-encapsulated heteropoly acid (HPW-USY) catalysts. **Applied Catalysis A: General**, v. 352, n. 1, p. 259-264.

JÚNIOR, Walter Alves Gomes. **Aplicações dos heteropoliácidos do tipo Keggin à acilação de Friedels Crafts e à síntese de chalconas**. Salvador, Bahia: UFBA, 2008. Originalmente apresentada como Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia, 2008.

KOZHEVNIKOV, I. V. Catalysis by Heteropoly Acids and Multicomponent Polyoxometalates in Liquid-Phase Reactions. **Chemical Reviews**, v. 98, n. 1, p. 171-198, 1998.

LUNA, F. J., SCHUCHARDT, U. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

OLIVEIRA, Karine Isabel Scroccaro. **Desenvolvimento de catalisador de heteropoliácido suportado em sílica para reação de esterificação**. Curitiba, Paraná: UFPR, 2013. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade do Paraná, 2013.

OLIVEIRA, Karine Isabel Scroccaro. **Impregnação de heteropoliácidos em sílica para esterificação do ácido esteárico com metanol**. Curitiba, Paraná: UFPR, 2009. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade do Paraná, 2009.

PRADO, A. G. S. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

SCHMAL, M. **Catálise heterogênea**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.

WYPYCH, F. Impregnação do Ácido 12-fosfotúngstico em Sílica – parte I: determinação de parâmetros de impregnação, caracterização e avaliação da atividade catalítica. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1343-1347, 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acompanhante de parto 103
Álgebra linear 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56
Aminas benzílicas 388, 389

B

Biodiesel 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

C

Capacidade antioxidante 126
Construção Civil 86, 87, 88, 98, 155, 157, 158, 163, 236, 237, 255

E

Energia solar 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46
Estatística 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 46, 89, 95, 149, 153, 173, 215, 278, 360

F

Formação docente 22, 24, 358, 364, 402, 403

G

Gestão do Conhecimento 248, 260, 366, 368, 370, 372, 373, 374

L

Letramento matemático 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78
Líquido celomático 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

M

Metátese 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
Múltiplas escalas 79, 80, 81, 82, 84

O

Ontologias biomédicas 113, 115, 120, 122

P

Perdas 3, 8, 9, 46, 141, 142, 146, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163

R

Redes Neurais 262, 264, 273

S

Secagem 35, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 144, 289, 296

Sistemas lineares 50, 53, 188, 190, 192, 193

T

Teor de fibras 149, 150, 151, 153

V

Vermicompostagem 175, 176, 187

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-623-2

