

Francisco Odécio Sales
Karine Moreira Gomes Sales
(Organizadores)

Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



Atena
Editora
Ano 2021

Francisco Odécio Sales
Karine Moreira Gomes Sales
(Organizadores)

Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Francisco Odécio Sales
Karine Moreira Gomes Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C968 Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra / Organizadores Francisco Odécio Sales, Karine Moreira Gomes Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-756-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.564212012>

1. Ciências exatas e da terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Sales, Karine Moreira Gomes (Organizadora). III. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 17 capítulos. Esse 1º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que nos transitam vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais a luz da epistemologia.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins correlatos ao locus cultural.

Temas diversos e interessantes são deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.


Francisco Odécio Sales
Karine Moreira Gomes Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A SHORT NOTE ON THE ELECTRON-POSITRON PAIR CREATION

Eduardo De Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120121>

CAPÍTULO 2..... 9

BREVES COMENTÁRIOS ACERCA DA GEOQUÍMICA DAS TERRAS PRETAS DE ÍNDIO (TPI's) NA AMAZÔNIA

Matheus Cavalcante Silva

Bianca Soares Costa

Fernanda Ravana da Conceição Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120122>

CAPÍTULO 3..... 15

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO CONTEXTO AROMAS: UMA PROPOSTA DE MATERIAL PARADIDÁTICO PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS

Fernando Vasconcelos de Oliveira

Vanessa Candito

Mara Elisa Fortes Braibante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120123>


CAPÍTULO 4..... 27

CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM ESCOLA DO CAMPO SITUADA NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAURU-MT, ATRAVÉS DE PROJETO SUSTENTÁVEL - CISTERNA

Luiz Cláudio Almeida Martins

Rosiane Alexsandra dos Santos Costa

Solange Aparecida Arrolho da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120124>

CAPÍTULO 5..... 41

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR NO ENTORNO DE FAZENDA MARINHA NA ENSEADA DO BANANAL, ILHA GRANDE, ANGRA DOS REIS, RIO DE JANEIRO

Vanessa de Magalhães Ferreira

Tatiana Ribeiro Briglia


Bruno Saliba Souza Almeida

Gabriel Soares Cruz

Camila de Leon Lousada Borges

Gleici Natali Montanini dos Santos

Marcos Bastos Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120125>


CAPÍTULO 6..... 69

LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS EM ÁREAS

CÁRSTICAS NO MUNICÍPIO DE OUROLÂNDIA NO PERÍODO DE 2007 A 2014

Antonieta Antenora Italia Candia

Arlene Lula Moreira De Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120126>

CAPÍTULO 7..... 81

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E OS COEFICIENTES DE CULTURA DO CAUPI NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL

Vivian Dielly da Silva Farias

Marcos José Alves de Lima

Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes

Deborah Luciany Pires Costa

Denis de Pinho Sousa

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza


Vandeilson Belfort Moura

Sandra Andréa Santos da Silva

José Farias Costa

Maysa Lorrane Medeiros de Araújo

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120127>

CAPÍTULO 8..... 94

DIAGNÓSTICO ENÉRGICO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NA FATEC FRANCO DA ROCHA

Carlos Eduardo Oliveira Santos

José Eduardo Soares de Almeida


Leonardo Augusto dos Santos

Matheus Lira de Almeida

Silvia Maria Farani Costa

Augusto de Toledo Cruz Junior


Valquiria Pereira Alcantara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120128>

CAPÍTULO 9..... 110

FORMAÇÃO INICIAL DOCENTE EM GEOGRAFIA: A IMPORTÂNCIA DE SITUAR A ALFABETIZAÇÃO CARTOGRÁFICA NO CONTEXTO DA ALFABETIZAÇÃO ESPACIAL

Ronaldo Goulart Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5642120129>

CAPÍTULO 10..... 121

MATERIAL DE APOIO PARA ABORDAGEM DAS TRÊS LEIS DE KEPLER NO ENSINO MÉDIO

Gabriel Luiz Nalon Macedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201210>

CAPÍTULO 11..... 130

IMPACTO DO USO DA DINÂMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL NO PROCESSO

ENSINO-APRENDIZAGEM APLICADO À FENÔMENOS DE TRANSPORTE

Vitor Pancieri Pinheiro
Carlos Friedrich Loeffler Neto
Natan Sian das Neves
Roger da Silva Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201211>

CAPÍTULO 12..... 139

METODOLOGÍA SUPERFICIE DE RESPUESTA: TRES APLICACIONES A CONJUNTOS DE DATOS REALES

René Castro Montoya
José Vidal Jiménez Ramírez
Mario Castro Flores
Ana Gabriela Osuna Páez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201212>

CAPÍTULO 13..... 154

PERCEÇÃO DO TURISTA SOBRE HOSPITALIDADE: UM ESTUDO NA ROTA ECOLÓGICA ALAGOANA


Gildo Rafael de Almeida Santanata
Marielle Cristina Silva Mendonça
Ademar da Silva Paulino
Uilliane Faustino de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201213>

CAPÍTULO 14..... 163

REAÇÕES DE CETONAS E POLIÁLCOOIS PARTE 1:AUTO-ALDOLIZAÇÃO E CETALIZAÇÃO PROMOVIDAS PELO CATALIZADOR HIDROFÍLICO E AMORFO $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, SOB IRRADIAÇÃO DE MICRO-ONDAS


Sandro Luiz Barbosa dos Santos
Stanlei Ivair Klein
Myrlene de Oliveira Ottone
Milton de Souza Freitas
Maria Luiza Pereira e Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201214>

CAPÍTULO 15..... 172

SIMULAÇÃO DE COMPLEXOS FE(III) E CR(III) POR SIDERÓFOROS

Leonardo Konopaski Andreani
Sérgio Ricardo de Lázaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201215>


CAPÍTULO 16..... 181

PERCEPCIÓN DE LOS SINALOENSES EN LAS ELECCIONES DEL ESTADO DE SINALOA PARA GOBENADOR, DIPUTADOS FEDERALES Y PRESIDENTES MUNICIPALES EN 2015

René Castro Montoya

José Vidal Jiménez Ramírez


Mario Castro Flores

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201216>

CAPÍTULO 17..... 190

TEAM BASED LEARNING: UMA ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO COLABORATIVA

Telma Vinhas Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56421201217>

SOBRE OS ORGANIZADORES 206

ÍNDICE REMISSIVO..... 207

CAPÍTULO 14

REAÇÕES DE CETONAS E POLIÁLCOOIS PARTE 1: AUTO-ALDOLIZAÇÃO E CETALIZAÇÃO PROMOVIDAS PELO CATALIZADOR HIDROFÍLICO E AMORFO $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, SOB IRRADIAÇÃO DE MICRO- ONDAS

Data de aceite: 01/11/2021

Data de Submissão: 06/09/2021

Sandro Luiz Barbosa dos Santos

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1838900365016581>

Stanley Ivair Klein

Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho
Araraquara - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/254590487742>

Myrlene de Oliveira Ottone

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1437872928324349>

Milton de Souza Freitas

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4614662823212517>

Maria Luiza Pereira e Oliveira

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5287309339838547>

RESUMO: O catalisador amorfo e mesoporoso $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ tem a área superficial de $115\text{m}^2\text{g}^{-1}$, que ajuda a sustentar o teor prótonico de 1,32

$\text{mmol H}^+\text{g}^{-1}$, é muito eficiente para a protonação de cetonas na proporção m/m de 10%; os intermediários protonados, ligados ao catalisador, podem ser capturados por poliálcoois para produzir cetais em altos rendimentos, ou sofrer condensação aldólica em minutos, tudo sob irradiação de micro-ondas em baixas potências. O mesmo catalisador pode facilmente reverter a reação de cetalização.

PALAVRAS-CHAVE: Cetonas protonadas; auto-aldolização; cetalização; hidrólise de cetais; 1-3 dioxolanas; sílica sulfonada.

REACTIONS OF KETONES AND POLYALCOHOLS PART 1: SELF- ALDOLIZATION AND CETALIZATION PROMOTED BY THE HYDROPHILIC AND AMORPHIC CATALYST $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$, UNDER MICROWAVE IRRADIATION

ABSTRACT: The amorphous and mesoporous catalyst $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ has a surface area of $115\text{m}^2\text{g}^{-1}$, which helps to support the proton content of $1.32\text{ mmol H}^+\text{g}^{-1}$, is very efficient for the protonation of ketones in the m/m ratio 10%; the catalyst-bound protonated intermediates can be captured by polyalcohols to produce ketals in high yields, or undergo aldol condensation in minutes, all under microwave irradiation at low power. The same catalyst can easily reverse the ketalization reaction.

KEYWORDS: Protonated ketones; self-aldolization; ketalization; ketal hydrolysis; 1-3 dioxolanes; sulphonated silica.

INTRODUÇÃO

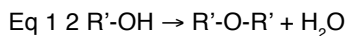
Os grupos carbonilas de aldeídos

e cetonas são bastante reativos e devem ser protegidos se os compostos que contêm tais grupos forem submetidos a transformações químicas onde as funções aldeído ou cetona possam ser destruídas. Normalmente, essa proteção é realizada pela reação do composto carbonílico com etilenoglicol na presença de um catalisador ácido (SARTORI et al., 2004). Os produtos são geralmente referidos como acetal, se preparados a partir de um aldeído, ou cetal, se formados a partir de uma cetona. Eles contêm a espinha dorsal do anel 1,3-dioxolano de cinco membros. Este anel deve ser hidrolisado na presença de um catalisador ácido, para liberação do etilenoglicol e do composto carbonílico após a transformação desejada. Além da grande importância de tais reações de proteção e desproteção, alguns cetais são úteis por si próprios, como os do glicerol; esses cetais podem ser usados como precursores para a síntese de monoglicerídeos, como emulsificantes de alimentos (PEROSA et al., 2016; PINYAPHONG; SRIBURI; PHUTRAKUL, 2012; YANG et al., 2012; YU et al., 2003; CORMA et al., 1998; SHOWLER; DARLEY, 1967) como blocos quirais de construção em síntese orgânica (PAWONGRAT et al., 2007) como aditivos de combustível para biodiesel (PRIYA et al., 2017; MALLESHAM; RAO; REDDY, 2016; TRIFOI; AGACHI; PAP, 2016), e segundo (MOTA et al., 2009) como princípios ativos na medicina moderna, como, por exemplo, o 1,3-dioxolano-4-metanol, apresenta uma estrutura que é utilizada para a síntese de um potente inibidor da proteína GSK-2 β , utilizado no tratamento da osteoporose quinase. Os anéis 1,3-dioxolanos também demonstraram exibir atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, além de que, podem ser usados como anti-sépticos para esterilização de superfícies de trabalho e instrumentos (OVSYANNIKOVA et al., 2013). Os cetais de anel de seis membros, ou m-dioxanos, são também de interesse para as indústrias farmacêutica e de combustível (PAWAR; JADHAV; BAJAJ, 2014).

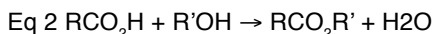
O ácido sulfúrico pode ser considerado o ácido padrão para maioria das reações orgânicas que são catalisadas por ácidos de Brønsted-Lowry fortes, como as cetalizações, mas sua natureza anti-Química Verde prejudica seu uso generalizado: seus resíduos são altamente ácidos e sua corrosividade é amplamente evitada. Por outro lado, ácidos sólidos tais como sílicas sulfonadas mostraram ter um suficiente número de sítios ácidos, com pouca tendência para lixiviação (HUANG et al., 2016; HASAN; JHUNG, 2014; HELWANI et al., 2009) para torná-los candidatos versáteis para a substituição do ácido sulfúrico homogêneo.

Os catalisadores $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ podem ser preparados de várias maneiras. Os exemplos variam de adição simples de H_2SO_4 a pastas de sílica e éter (BEHROOZ et al., 2012; RAJPUT; ROY; MUKHOPADHYAY, 2006), ou o tratamento de sílica com ácido clorossulfônico (ZOLFIGOL; MADRAKIAN; GHAEMI, 2002) até sínteses mais complexas de materiais mesoporosos onde o grupos sulfônicos são separados da superfície da sílica por cadeias de carbono (TESTA; LA PAROLA; VENEZIA, 2010). Este método também é uma forma de diminuir a hidrofobicidade do catalisador (SHIMIZU et al., 2005).

Recentemente, nós desenvolvemos uma sílica mesoporosa sulfonada cuja alta hidrofiliçidade a torna ideal para catálises de transformações orgânicas assistidas por prótons, em que ocorre a formação de água, como nas condensações de formação de éteres a partir de álcoois, e as esterificações de ácidos carboxílicos, equações 1 e 2 (BARBOSA et al., 2015).



[H⁺]



[H⁺]

O preparo desse catalisador envolve duas etapas simultâneas, onde areia fina de construção, amplamente disponível, é convertida a silicato de sódio pela reação com carbonato de sódio a quente, que é então neutralizado com ácido clorídrico aquoso para a precipitação da sílica gel, que é então tratada com ácido sulfúrico concentrado. Por ser de interesse geral, o procedimento detalhado da obtenção do catalisador é descrito abaixo. As demais reações de transformações orgânicas discutidas neste trabalho foram executadas em presença de ar atmosférico; todas foram irradiadas em um forno de micro-ondas de 900 GHz não modificado usando apenas 360 W de potência, e foram acompanhadas por cromatografia em camada delgada (CCD) e CG-MS. A identificação dos produtos envolveu também as técnicas de espectroscopia no infravermelho e ressonância magnética nuclear [Barbosa et al 2018 (JBCS)].

Preparação da sílica gel e da sílica sulfonada, SiO₂-SO₃H

Uma mistura de 300,0 g de areia e 600,0 g de carbonato de sódio foi homogeneizada e transferida para cadinhos de porcelana, os quais foram aquecidos a 850 °C por 4 h. A mistura sólida foi transferida para um funil de vidro com placa sinterizada e lavada com 600-900 mL de água fervente. A solução filtrada foi acidificada a pH = 1 com ácido clorídrico, o precipitado branco foi filtrado e seco a 400 °C. A sílica resultante foi passada por um tamis de 24 mesh para padronização. Em seguida, 10,0 g da sílica preparada foi misturada com 10,0 mL de H₂SO₄ e agitada à temperatura ambiente por 12 h, filtrada e seca a 150 °C por 4 h, resfriada e armazenada em um dessecador. A força do ácido de 1,32 mmol de H⁺ por grama de catalisador foi determinada por titulação potenciométrica BARBOSA *et al.*, 2018).

Os estudos de caracterização da sílica sulfonada foram realizados usando os métodos de adsorção de nitrogênio de Brunauer-Emmett-Teller (BET), difração de raios-X (DRX), espectrometria dispersiva de energia (EDS), infravermelho (IV), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e termogravimetria (TGA/DTA), que foram discutidos em detalhes em outro local (Barbosa *et al.* (2018)).

Resultados e discussão

Foi relatado que $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ (CHÁVEZ; SUÁREZ; DÍAZ, 1994) e $\text{SiO}_2\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-SO}_3\text{H}$ (SHIMIZU *et al.*, 2005) tinham a capacidade de catalisar a formação de cetais do etilenoglicol, uma reação de condensação em que também ocorre a formação de água, e, portanto, uma candidata em potencial para ser testada com o novo catalisador feito a partir de areia. Nossos estudos mostram que o catalisador não só é eficiente para a conversão de diferentes cetonas em cetais de vários polióis na ausência de solventes, como na hidrólise daqueles polióis de volta às cetonas e polióis originais; também mostramos que, na ausência dos álcoois, as cetonas foram rapidamente protonadas e subsequentemente formaram condensados de aldol, exceto, é claro, no caso da benzofenona, que não participa normalmente de equilíbrios aldol, tudo em condições de irradiação por micro-ondas. Inicialmente $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ foi utilizado com sucesso na preparação do cetal, 1,4-dioxaspiro[4.5]decano em 99.9% de rendimento, empregando dietilenoglicol e ciclohexanona como reagentes, sob irradiação de micro-ondas (360 W), 3 minutos de tempo reacional, 70 graus de temperatura final do meio reacional e livre do emprego de solventes. No entanto, essas condições experimentais renderam apenas cerca de 50% do cetal, 2-methyl-2-(p-tolyl)-1,3-dioxolane, a partir do emprego da acetofenona.

A formação de cetais de seis membros parece ser favorecida em relação à formação de 1-3-dioxolanas, em particular aqueles oriundos da benzofenona aparentemente menos reativa. Desta forma, ao empregarmos o etileno glicol em uma reação com a benzofenona, rendimentos de 28.9% em foi obtido em 2,2-diphenyl-1,3-dioxolane, após 5 minutos de irradiação de micro-ondas. Porém, rendimentos superiores em cetais foram obtidos, quando utilizamos o 2,2-Dimetilpropano-1,3-diol (Neopentyl Glycol), 49.3% em 5 minutos e o 2-Etil-2-(hidroximetil)propano-1,3-diol (trimetilolpropano), 53.5%, 8 minutos, respectivamente em reações de cetalização com a benzofenona.

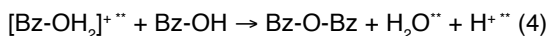
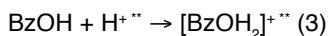
Não foi possível a síntese dos cetais, 2,2-diphenyl-1,3-dioxan-5-ol (isômero de 5 membros) e 2,2-diphenyl-1,3-dioxolan-4-yl)methanol (isômero de 6 membros), isômeros oriundos da cetalização da benzofenona com o glicerol, pois o glicerol não reagiu com a benzofenona em nossa condição livre de solvente. Assim como, não foi observada a formação dos isômeros de seis membros dos cetais envolvendo o glicerol em reações com cetonas, tais como, hexanona, acetofenona e p-metil acetofenona. Isômeros contendo anel 1,3-dioxolana (anel de 5 membros) foram obtidos em bons rendimentos empregando sob as mesmas condições reacionais e glicerol e hexanona, em um processo que deu origem ao (1,4-dioxaspiro[4.5]decan-2-yl)methanol, após 5 minutos e 70.5% rendimento. Ao utilizarmos glicerol e acetofenona foi produzido o (2-methyl-2-phenyl-1,3-dioxolan-4-yl)methanol em 58.9% após 2 minutos e glicerol e p-metil acetofenona originou o ((2-methyl-2-(p-tolyl)-1,3-dioxolan-4-yl)methanol) em 55.6% de rendimento e em 5 minutos de processo reacional.

Durante estudos prévios das reações de cetalização através de aquecimento convencional empregando manta térmica, ficou claro que reações concorrentes, ou seja, esterificação e condensação de aldólica, ocorreram na presença do catalisador, $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$. Como já havíamos notado, a forte tendência de nosso catalisador em catalisar a formação de éteres a partir do álcool benzílico (BARBOSA et al., 2015), decidimos realizar um estudo detalhado da interação de cicloexanona e etilenoglicol em diferentes proporções de cetona e álcool, assim como, em diferentes proporções do catalisador, em processos realizados sob irradiação de micro-ondas a 360 W. As proporções do catalisador utilizadas variaram de 7 a 20% (m/m) e tiveram apenas um efeito mínimo na distribuição do produto da reação, que era muito dependente da razão álcool: cetona.

Os resultados obtidos, mostraram que a cicloexanona prontamente se auto-condensa na presença do catalisador sulfonado, mas esta reação torna-se desprezível na proporção de 2:1 (cicloexanona: etilenoglicol) ou em concentrações mais altas de etilenoglicol para cicloexanona. No entanto, nessas proporções mais altas de etilenoglicol, a condensação do álcool (esterificação) torna-se importante. Na ausência de cicloexanona, o etilenoglicol é convertido em bis-etilenoglicol com 96% de rendimento. Deve-se notar que o catalisador após recuperação pode ser usado em até três processos consecutivos, com muito pouca perda de atividade (sob condições de irradiação de micro-ondas).

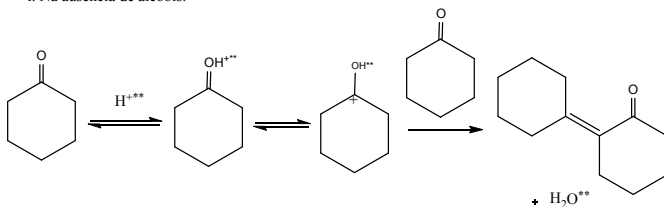
Em trabalho realizado pelo nosso grupo de pesquisa em 2015 (BARBOSA et al., 2015), ao examinar a esterificação do ácido benzóico com álcool benzílico, observamos que, em concentrações mais elevadas, o catalisador $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ tinha uma afinidade aumentada para álcoois orgânicos versus ácidos orgânicos, e propusemos a existência de uma espécie ligada ao catalisador do tipo $[\text{Bz-OH}_2]^+^{**}$ (Bz-OH = álcool benzílico; $**$ = espécies ligadas ao catalisador) como importantes intermediários, de modo que reações como as equações 3 e 4 podem resultar na formação exclusiva de éter dibenzílico a partir de uma mistura de álcool benzílico e ácido benzóico.

Equações 3 e 4

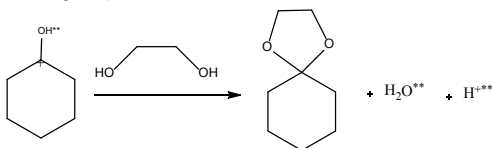


Neste trabalho, propomos que o catalisador é ainda mais seletivo para a protonação de cetonas sobre álcoois e, portanto, a seguinte sequência de reações pode ser aplicada, onde $**$ representa a espécie ligada ao catalisador, esquema 1.

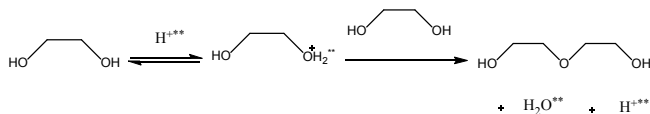
i. Na ausência de álcoois.



ii. Na presença de álcoois.



iii. Na ausência de cetonas.



Um exame dos rendimentos mostra que, conforme a estabilidade dos intermediários $[R_2C^+-OH]^{**}$ aumenta de $[Cy^+-OH]$ para $[Ph_2C^+-OH]$, os rendimentos dos cetais diminuem. Esta observação provavelmente indica que o catalisador mantém essas espécies estáveis mais firmemente. Esse efeito, juntamente com a difícil difusão do glicerol pelo SiO_2-SO_3H em reações realizadas na ausência de solvente, também explica a falta de produtos na reação entre a benzofenona e o glicerol. Os cetais de anel de seis membros pareceram ser preferidos aos derivados de etilenoglicol de 5 membros quando as espécies $[R_2C^+-OH]^{**}$ são estabilizadas por anéis aromáticos, mas esta regra não foi seguida pelo glicerol, que deu exclusivamente o cetal derivados do anel 1,3-dioxolanas. Esta é provavelmente outra evidência da dificuldade de difusão do terceiro grupo CH_2-OH do glicerol através dos poros hidrofílicos do catalisador SiO_2-SO_3H . Parece, portanto, que a sílica mesoporosa sulfonada utilizada como catalisador neste e em trabalhos anteriores (BARBOSA et al., 2015) apresentou maior afinidade por substratos na seguinte ordem: ácidos orgânicos <álcoois <cetonas. Os resultados sugerem que as reações promovidas por esses catalisadores altamente hidrofílicos são dependentes da concentração do catalisador e assim como, da proporção dos reagentes.

CONCLUSÃO

Neste trabalho relatamos que a sílica mesoporosa sulfonada, SiO_2-SO_3H por nós sintetizada e que apresenta uma pequena área de superfície, grandes diâmetros de poros e alta hidrofiliçidade, apresentou uma maior afinidade para cetonas do que para álcoois

e facilmente promoveu condensações aldólicas quando usada em concentrações de 7 a 24% (m/m) em relação às cetonas. Na presença dos poliálcoois, tais como, o etilenoglicol, glicerol, trimetilolpropano e neopentilglicol, as cetonas, acetofenona, p-metilacetofenona e benzofenona foram convertidas nos respectivos cetais com rendimentos variando de razoáveis a bons. No entanto, a benzofenona não reagiu com o glicerol, sendo que, alquil cetonas puras, como ciclohexanona, foram mais facilmente condensadas e cetalizadas. Na ausência de cetonas, o etilenoglicol foi suavemente convertido em bis-etilenoglicol. Todas as reações ocorreram em minutos sob condições livres de solvente usando irradiação de micro-ondas a 360 W.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, S. L. *et al.* Benzyl benzoate and dibenzyl ether from of benzoic acid and benzyl alcohol under microwave irradiation using a $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ catalyst. *Catalysis Communications*, v. 68, p. 97-100, 2015.

BARBOSA, S. L. *et al.* **Dehydration of d-fructose to 5-hydroxymethyl-2-furfural in DMSO using a hydrophilic sulfonated silica catalyst in a process promoted by microwave irradiation.** *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 1-5, 2021.

BARBOSA, S. L. *et al.* **Oxygenated biofuels: Synthesis of fatty acid solketal esters with a mixture of sulfonated silica and $(\text{Bu}_4\text{N})(\text{BF}_4)$ catalyst.** *Catalysis Communications*, v. 120, p. 76-79, 2019a.

BARBOSA, S. L. *et al.* **Synthesis of Phenyl Esters Using $\text{SiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$ Catalyst in Conventional Heating and Microwave-Irradiated Esterification Processes.** *Journal of nanoscience and nanotechnology*, v. 19, n. 6, p. 3663-3668, 2019b.

BEHROOZ, M. *et al.* **Sulfuric acid immobilized on silica gel as highly efficient and heterogeneous catalyst for the one-pot synthesis of 2, 4, 5-triaryl-1H-imidazoles.** *International Journal of Organic Chemistry*, v. 2012, 2012.

CHÁVEZ, F.; SUÁREZ, S.; DÍAZ, M. A. **Sulfuric acid adsorbed on silica gel. a multipurpose acid catalyst.** *Synthetic communications*, v. 24, n. 16, p. 2325-2339, 1994.

CORMA, A. *et al.* **Catalysts for the production of fine chemicals: production of food emulsifiers, monoglycerides, by glycerolysis of fats with solid base catalysts.** *Journal of Catalysis*, v. 173, n. 2, p. 315-321, 1998.

HAGEN, J. **Industrial Catalysis: A Practical Approach**, 2nd Ed.; Wiley-VCH Verlag, 2006.

HASAN, Z.; JHUNG, S. H.. **Facile in situ Syntheses of Highly Water-Stable Acidic Sulfonated Mesoporous Silica without Surfactant or Template.** *European Journal of Inorganic Chemistry*, v. 2014, n. 21, p. 3420-3426, 2014.

HELWANI, Z. *et al.* **Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: a review.** *Applied Catalysis A: General*, v. 363, n. 1-2, p. 1-10, 2009.

- HUANG, Y. *et al.* **Design of sulfonated mesoporous silica catalyst for fructose dehydration guided by difructose anhydride intermediate incorporated reaction network.** Chemical Engineering Journal, v. 283, p. 778-788, 2016.
- MALLESHAM, B.; RAO, B. G.; REDDY, B. M. **Production of biofuel additives by esterification and acetalization of bioglycerol.** Comptes Rendus Chimie, v. 19, n. 10, p. 1194-1202, 2016.
- MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. **Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 639-648, 2009.
- OVSYANNIKOVA, M. N. *et al.* **Antibacterial activity of substituted 1, 3-Dioxolanes.** Pharmaceutical Chemistry Journal, v. 47, n. 3, p. 142-145, 2013.
- PAWAR, R. R.; JADHAV, S. V.; BAJAJ, H. C. **Microwave-assisted rapid valorization of glycerol towards acetals and ketals.** Chemical Engineering Journal, v. 235, p. 61-66, 2014.
- PAWONGRAT, R. *et al.* **Synthesis of monoacylglycerol rich in polyunsaturated fatty acids from tuna oil with immobilized lipase AK.** Food Chemistry, v. 104, n. 1, p. 251-258, 2007 e referências citadas por eles.
- PEROSA, A. *et al.* **Synthesis of the fatty esters of Solketal and glycerol-formal: Biobased specialty chemicals.** Molecules, v. 21, n. 2, p. 170, 2016.
- PINYAPHONG, P.; SRIBURI, P.; PHUTRAKUL, S. **Synthesis of monoacylglycerol from glycerolysis of crude glycerol with coconut oil catalyzed by Carica papaya lipase.** International Journal of Chemical and Molecular Engineering, v. 6, n. 10, p. 926-931, 2012.
- PRIYA, S. S. *et al.* **Solvent-free microwave-assisted synthesis of solketal from glycerol using transition metal ions promoted mordenite solid acid catalysts.** Molecular Catalysis, v. 434, p. 184-193, 2017.
- RAJPUT, V. K.; ROY, B.; MUKHOPADHYAY, B.. **Sulfuric acid immobilized on silica: an efficient reusable catalyst for selective hydrolysis of the terminal O-isopropylidene group of sugar derivatives.** Tetrahedron letters, v. 47, n. 39, p. 6987-6991, 2006.
- SARTORI, G. *et al.* **Protection (and deprotection) of functional groups in organic synthesis by heterogeneous catalysis.** Chemical Reviews, v. 104, n. 1, p. 199-250, 2004.
- SHIMIZU, K. *et al.* **Acidic properties of sulfonic acid-functionalized FSM-16 mesoporous silica and its catalytic efficiency for acetalization of carbonyl compounds.** Journal of Catalysis, v. 231, n. 1, p. 131-138, 2005.
- SHOWLER, A. J.; DARLEY, P. A. **Condensation products of glycerol with aldehydes and ketones. 2-Substituted m-dioxan-5-ols and 1, 3-dioxolane-4-methanols.** Chemical reviews, v. 67, n. 4, p. 427-440, 1967.
- SING, K. S. W. **Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984).** Pure and applied chemistry, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.
- SMITH, G. V.; NOTHEISZ, F.; **Heterogeneous Catalysis in Organic Chemistry**, 1st Edition; CHEMISTRY IN BRITAIN, Vol. 35, No. 12, December 1999.

TESTA, M. L.; LA PAROLA, V.; VENEZIA, A. M.. **Esterification of acetic acid with butanol over sulfonic acid-functionalized hybrid silicas**. *Catalysis Today*, v. 158, n. 1-2, p. 109-113, 2010.

TRIFOI, A. R.; AGACHI, P. Ş.; PAP, T.. **Glycerol acetals and ketals as possible diesel additives. A review of their synthesis protocols**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 62, p. 804-814, 2016.

YANG, D. *et al.* **Preparation of 1-monoacylglycerols via the Suzuki-Miyaura reaction: 2, 3-dihydroxypropyl (Z)-tetradec-7-enoate**. *Organic syntheses; an annual publication of satisfactory methods for the preparation of organic chemicals*, v. 89, p. 183, 2012.

YU, C. *et al.* **Synthesis of glycerol monostearate with high purity**. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, v. 24, n. 8, p. 1229-1231, 2003.

ZOLFIGOL, M. A.; MADRAKIAN, E.; GHAEMI, E.. **Silica sulfuric acid/ NaNO_2 as a novel heterogeneous system for the nitration of phenols under mild conditions**. *Molecules*, v. 7, n. 10, p. 734-742, 2002.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

1-3 dioxolanas 163

A

Agricultura 12, 48, 66, 93, 108, 122, 149, 172

Alfabetização espacial 5, 110, 111, 115, 117, 118

Alfabetização geográfica 110, 112, 114, 115, 118

Amazônia 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 81, 83, 93

Aprendizagem baseada em problemas; 15

Aromas; 15, 16

Auto-aldolização 6, 163

Avaliação 7, 19, 29, 38, 82, 93, 109, 111, 156, 157, 159, 160, 190, 191, 194, 195, 198, 200, 201, 202, 204, 206

B

B3LYP 172, 174

C

Cetalização 6, 163, 166, 167

Cetonas protonadas 163

Cromo (III) 172

D

Década do oceano 42, 48

Demanda hídrica 82

DFT 172, 173

Diagnóstico energético 94, 96, 97, 98

Dinâmica de fluidos computacional 5, 130

Diseño y análisis de experimentos 139

E

Electron-positron pair 4, 1, 2, 5, 7

Ensino de Física 8, 121, 128, 129, 203

Ensino de química 15, 16, 23, 24, 25

Ensino e aprendizagem 130, 191

Estratificado 181, 184, 185, 187, 189

F

Fenômenos de transporte 6, 130, 131, 138

Ferro (III) 172

G

Geoquímica 4, 9, 12, 13

H

Hidrólise de cetais 163

História da física 121, 127

Hospitalidade 6, 154, 156, 160, 161

I

Iluminação artificial 94, 96

J

Johannes Kepler 121, 122, 124, 125, 128, 129

L

LED 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109

Lisímetros 82, 83, 84, 85, 86, 93

M

Malacocultura 42, 43, 45, 46, 47, 49

Meio ambiente 33, 34, 35, 36, 38, 51, 64, 69, 70, 71, 76, 78, 94, 95, 97, 101, 102, 106, 154, 161

Metodología 6, 139, 140, 141, 153, 189

Metodologia ativa 23, 25, 190, 193, 202

Modelos 32, 82, 83, 97, 132, 135, 138, 139, 141

Movimento planetário 121, 123, 124, 125, 126, 127, 129

Muestreo 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189

O

Oceanografia 41, 42

P

Pair production 1, 2, 3, 6, 7, 8

Pensamento espacial 110, 111, 112, 114, 115, 117, 118, 119

Piscicultura marinha 42, 44, 47, 49, 63

Planejamento 27, 31, 95, 155, 161, 162, 192, 201, 206

Población 181, 183, 184, 185, 186, 187, 189

Posicionamento estratégico 154, 157

Propostas de aulas 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128

Q

Química computacional 172, 174

S

Sideróforo 172, 173

Sílica sulfonada 163, 165

Superfície de resposta y pruebas de hipótesis 139

Sustentabilidade 10, 12, 13, 14, 27, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 47, 48, 102, 155, 157, 159, 160

T

Tamaño de muestra 181, 183, 184, 185, 186, 189

Team based learning 7, 190, 192, 202

Terras pretas 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Triplet pair production 1, 3, 6, 7, 8

U

Uso consciente 35

V

Vigna unguiculata L. 82, 87


W


Walp. Penman-monteith 82


Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

Cultura, epistemologia e educação em ciências exatas e da terra



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora

Ano 2021