

GILBERTO JOÃO PAVANI
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED MATERIALS ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

GILBERTO JOÃO PAVANI
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED MATERIALS ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

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

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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 Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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



Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Gilberto João Pavani

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied materials engineering / Organizador
Gilberto João Pavani. – Ponta Grossa - PR: Atena,
2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-861-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.615222801>

1. Materials engineering. I. Pavani, Gilberto João
(Organizador). II. Título.

CDD 669

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



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 engenharia dos materiais é o ramo da engenharia que trata dos materiais como metais, cerâmicas, polímeros e compósitos, reunindo estudos científicos e aplicações práticas para a obtenção de novos materiais que são fundamentais para o desenvolvimento da sociedade, pois propiciam maior segurança e a qualidade de vida no uso cotidiano de veículos, máquinas e estruturas como edifícios, pontes e viadutos.

Porém, não basta criar um novo material, há necessidade de compreender suas propriedades como dureza, resistência ao calor e à corrosão que permitem sua aplicação em diversas áreas da indústria, bem como seu processo de produção.

A presente obra “Collection: Applied materials engineering” tem como objetivo a apresentação e a discussão de temas relevantes sobre a aplicação da engenharia de materiais em polímeros descartáveis, manufatura aditiva com aços de baixo carbono de baixa liga, caracterização de filmes de titânio, determinação de coeficientes de fricção em materiais médicos, desfosforação do ferro-gusa, inibidores de corrosão em materiais metálicos, inibidores poliméricos de hidratos de gás, microgeis de acrilamida e amido enxertado como doadores de óxido nítrico e a usinabilidade de ligas refratárias.

Portanto, esta obra apresenta grande potencial para contribuir com o entendimento dos temas apresentados, podendo servir como referência valiosa para novas pesquisas e estudos sobre as questões aqui discutidas.

Agradeço aos autores dos capítulos por suas valiosas contribuições e desejo aos leitores sucesso em seus futuros trabalhos de pesquisa sobre os temas apresentados nesta obra.


Gilberto João Pavani

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS DO TIPO DE TPE E DO TEOR DE COMPATIBILIZANTE NA PROCESSABILIDADE DE BLENDS DE PLA/TPES EM MISTURADOR DE CÂMARA INTERNA


Giordano Pierozan Bernardes
Nathália da Rosa Luiz
Ruth Marlene Campomanes Santana
Maria Madalena de Camargo Forte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228011>

CAPÍTULO 2..... 14

EVALUATION OF HIGH STRENGTH LOW ALLOY CARBON STEEL PRODUCED WITH WIRE ARC ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY AND ITS POSSIBLE APPLICATION IN THE OIL AND GAS SECTOR


Alexis Van Wesemael
Luciana Iglésias Lourenço Lima
Ronaldo de Faria Antunes
Bertrand Maillon
Xavier Gostiaux
Laurent Faivre

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228012>

CAPÍTULO 3..... 27

CARACTERIZAÇÃO FOTOCRÔMICA E FOTOCATALÍTICA DE FILMES DE TiO₂ OU DE TiO₂ MISTURADOS A DOIS DIFERENTES PRECURSORES DE TUNGSTÊNIO


Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228013>

CAPÍTULO 4..... 45

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN MEDIAS MEDICAS DE COMPRESIÓN

Elvira Cruz Osorio
Mónica Cristina Cortés Martínez
Martínez Estela Flores Gómez
José Alberto Cortés Martínez
Laura Patricia Sandoval Florín
Claudia Hernández Hernández
Rocío Garrido Adame
Teresa Ramírez Rodríguez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228014>

CAPÍTULO 5..... 54

ESTUDO DA INFLUENCIA DA MASSA DE ESCÓRIA E DO BANHO NA DESFOSFORAÇÃO

DE FERRO GUSA ATRAVÉS DE TERMODINMICA COMPUTACIONAL


Anna Paula Littig Berger
Daniela Bahiense de Oliveira
Cynara Christ Klippel
Camila Santos Scopel
Felipe Faridn Grillo
José Roberto de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228015>

CAPÍTULO 6..... 67

INIBIDORES DE CORROSÃO DA LINHA VERDE: UMA REVISÃO DA LITERATURA


Daniel Víctor Carlos de Noronha
Jardel Dantas da Cunha
Andréa Francisca Fernandes Barbosa
Antônio Robson Gurgel
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228016>

CAPÍTULO 7..... 85

METODOLOGIA DE TRIAGEM RÁPIDA PARA AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS INIBIDORES POLIMÉRICOS DE HIDRATOS DE GÁS


Kelly Cristine da Silveira
Elizabeth Fernandes Lucas
Colin D. Wood

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228017>

CAPÍTULO 8..... 94

MICROGEIS DE ACRILAMIDA E AMIDO ENXERTADO COM DOADORE DE NO

Regiane da Silva Gonzalez
Lucas Toshitaka Yatsugafu Longo
Mylena Ardenghi de Lima
Amanda Ardenghi dos Santos
Giovanna Conrado Quadros
Thais Oliveira da Silva
Thais Tiemi Tomiyama
Lucas Umberto Desante Lopes
Ana Paula Peron
Aldo Eloizo Job

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228018>

CAPÍTULO 9..... 105

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS PARA A BAIXA USINABILIDADE DO INCONEL 718 COM FOCO NO PROCESSO DE FRESAMENTO

Luís Fillipe Lopes Torres
Gabriel de Paiva Silva
Geovanna Diniz Mendonça
Déborah de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6152228019>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

MICROGEIS DE ACRILAMIDA E AMIDO ENXERTADO COM DOADORE DE NO

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 13/10/2021

Regiane da Silva Gonzalez

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/7581675568754949>

Lucas Toshitaka Yatsugafu Longo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/1895106697127109>

Mylena Ardenghi de Lima

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/5786426976432566>

Amanda Ardenghi dos Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/0331460926681863>

Giovanna Conrado Quadros

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/4349623350381762>

Thais Oliveira da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR

Thais Tiemi Tomiyama

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/8068545023608784>

Lucas Umberto Desante Lopes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/2303305456749366>

Ana Paula Peron

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campo Mourão
Campo Mourão-PR
<http://lattes.cnpq.br/3605560420792065>
ORCID 0000-0003-2598-2621

Aldo Eloizo Job

Faculdade de Ciência e Tecnologia/UNESP -
Presidente Prudente
Presidente Prudente-SP
<http://lattes.cnpq.br/6475585105456744>

RESUMO: Microgéis são redes poliméricas tridimensionais hidrofílicas, microparticuladas, capazes de reter soluções aquosas, podendo ser utilizados como biomateriais. Os objetivos do presente estudo foram a produção e caracterização de microgéis formados por microemulsão a partir de acrilamida e amido de mandioca modificado por enxertia com doadores de óxido nítrico (NO), e sua avaliação frente ao potencial germinativo e de alongamento de raízes em *Lactuca sativa* L, para análise de possível toxicidade. A morfologia dos microgéis

foi caracterizada por microscopia e a capacidade de absorção através da determinação do intumescimento sendo a liberação de óxido nítrico determinada espectrofotometricamente através do método de Griess. Os microgéis apresentaram leve opacidade com morfologia esférica e diâmetro médio de $15,4 \pm 2,5 \mu\text{m}$ e grau de intumescimento de $5,5 \pm 0,3$. Em comparação a produção de microgéis de acrilamida puro foi verificado que a presença do amido reduz tanto o tamanho como a dispersão de tamanho das partículas formadas o que pode ser associado a atuação do amido como pontos de iniciação de reticulação. Através da avaliação da liberação de NO foi verificado que os microgéis foram capazes de liberar cerca de 6 mmol de óxido nítrico por litro por grama, e portanto apresentam viabilidade de utilização como matrizes para liberação de óxido nítrico, um potente agente de cicatrização. Além disso, a enxertia com doadores de NO levou a formação de um composto com atividade antioxidante, o qual não foi capaz de inibir o potencial germinativo e de crescimento de raízes em *L. sativa*, mostrando-se não citotóxico.

PALAVRAS-CHAVE: Doadores de NO, micropartículas, citotoxicidade, hidrogéis.

MICROGELS OF ACRYLAMIDE AND STARCH GRAFTED WITH NO DONOR

ABSTRACT: Microgels are 3D hydrophilic polymer network in microscale. Its materials are able to swell aqueous solution and can be used as biomaterials. The objective of the following study was to characterize acrylamide and starch microgels produced from the microemulsion in a biphasic system of water and dichloromethane. The morphological characterization was performed through optical microscopy and scanning electron microscopy. In addition, the degree of swelling in water was evaluated and the presence of nitric oxide was determined spectrophotometrically by the GRIESS method. The gels were found to have spherical morphology and were able to release 6 mmol of nitric oxide per liter per gram. Moreover, it was possible to synthesized a NO donor without citotoxicity that present capacity of inhibiting oxidative process according to DPPH test.

KEYWORDS: NO donors, microparticles, cytotoxicity, hydrogels.

1 | INTRODUÇÃO

Polímeros lineares são compostos formados por uma cadeia de moléculas de massa molecular baixa em uma repetição, resultantes de reações de polimerização. Sistemas microparticulados, obtidos por meio de polímeros biodegradáveis ou compatíveis, apresentam uma fácil produção, assim vem sendo amplamente desenvolvidos (Borro, 2020; Abdalbaki, 2014; Lu, 2010; Giunchedi, 1995). As micropartículas obtidas a partir de polímeros reticulados e hidrofílicos são denominadas de hidrogéis, esses apresentam propriedades de intumescimento, a qual resulta em uma consistência macia (Hoffman, 2002). Estes materiais podem ainda ser deformados ao coalescer ou devido a entrelaçamento entre pedaços de cadeias poliméricas, sendo estas as propriedades que diferenciam-se das partículas sólidas. Hidrogéis microparticulados, microgéis, são uma alternativa para se obter materiais com propriedades diferenciadas as quais podem ser controladas através da manipulação da morfologia a partir de parâmetros experimentais, tais como: concentração,

tipo de surfactante e teor de reticulação (Borro, 2020; Lu, 2010). Além disso, os microgéis podem ser utilizados como matrizes carreadoras de diversos compostos dentre os quais destacamos o composto bioativo óxido nítrico.

Na literatura encontram-se diversos trabalhos demonstrando a ação de materiais doadores de óxido nítrico, NO (Cerqueira e Yoshida, 2002) a exemplo dos como os nitrosotióis, nitratos orgânicos, nonoatos, diazenotiolatos entre outros (Yang, Huang e Li, 2021; Gonçalves, 2011; Miller e Megson, 2007). O óxido nítrico (NO) é uma molécula endógena e que desempenha diversas funções fisiológicas no organismo humano (Seabra, 2010) como o relaxamento das células musculares lisas (vasodilatação), o controle imunológico, inibição da adesão e agregação plaquetária (anti-trombogênico), ação bactericida e fungicida (Yang, Huang e Li, 2021; Miller e Megson, 2007; Lancaster, 1996;) e, portanto, de elevado potencial de comercialização como fármaco. Estas propriedades são responsáveis por grande parte das pesquisas destinadas a aplicações na medicina, no tocante a grande capacidade cicatricial e possibilitar do melhor controle vascular em casos de altas pressões. Devido a tais propriedades os sistemas com liberação de óxido nítrico vem sendo extensivamente desenvolvidos para aplicações biomédicas (Yang, Huang e Li, 2021). Além disso, ação antioxidante e antitóxica em células vegetais. De acordo com Campos et al., o tratamento com nitrosotióis (SNP) contribui para atenuar o estresse osmótico uma vez que ocorre o acúmulo de prolina a qual participa no ajuste do processo de osmose quando as plantas estão sob condições de estresse (Campo et al., 2019). Outro estudo utilizando *L.sativa* verificou-se que a expressão de GSNOR (S-nitrosoglutathione reductase) é aumentada em respostas a patógenos biotrópicos como fungos. O NO pode atuar tanto na ativação de mecanismos de defesa anti-estresse oxidativo quanto na redução da acumulação de íons tóxicos (Gadelha et al., 2017; Fatma et al., 2016).

Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de um material microparticulado, na forma de hidrogel de acrilamida semi-interpenetrado com amido enxertado com doadores de NO. O amido foi enxertado a partir da esterificação com ácido tiolático e posterior nitrosação. A capacidade de liberação de NO destes materiais foi determinada espectrofotometricamente, sendo a morfologia das micropartículas determinadas através de microscopia. A citotoxicidade do hidrogel produzido foi avaliado frente ao potencial germinativo e de alongamento de raízes em *L. sativa*, bioensaio esse validado internacionalmente na avaliação de toxicidade celular e sistêmica de diferentes compostos químicos. (Tichá et al., 2018; Kuroiva, 2011).

2 | METODOLOGIA

Modificação química do amido: A modificação do amido ocorreu segundo a metodologia descrita por Seabra (2010) com algumas modificações. Foram adicionados 20g de amido de mandioca (Pinduca) em um balão de fundo redondo contendo 100mL de

hexano (Synth). Em seguida adicionou-se 1,2mL de ácido tiolático (Sigma) e 800 μ L de HCl concentrado (Synth). A mistura foi mantida sob agitação constante à 60°C e então deixada em repouso por 20h.

A purificação do amido modificado foi realizada através de filtração a vácuo e lavagem com água e acetona por 3 vezes sendo a última lavagem com água desionizada. Em seguida o amido foi seco em estufa a 50°C por 1h. A reação foi comprovada através de análise de espectroscopia de IV.

Produção de microgéis: A síntese dos microgéis ocorreu conforme metodologia descrita por Giunchedi (1999) com algumas modificações. A partir de um sistema bifásico de água em diclorometano, os microgéis foram obtidos por meio da reticulação da acrilamida. A princípio duas soluções aquosas foram preparadas: (i) de acrilamida (9% m/v) ou amido acetilado com ácido tiolático+acrilamida (10+3% m/v) contendo 0,9 % (m/v) de N,N-metileno-bisacrilamida utilizando TEMED (tetrametiletenodiamina) como catalisador, (ii) 1% (m/v) de Tween 80 e 1,1 % (m/v) de K₂S₂O₈. Ambas as soluções foram mantidas sob agitação e borbulhadas com N₂ gasoso e então foram submetidas a agitação com diclorometano na proporção de 2/3 (v/v) e a atmosfera de N₂ até a formação dos microgéis.

Nitrosação: O amido modificado e os microgéis foram nitrosados através de reação em meio ácido (HCl 1mol.L⁻¹) com nitrito de sódio (60mmol.L⁻¹) durante 5min, segundo a metodologia descrita por Seabra (2010). Em seguida o amido ou o microgel foram filtrados à vácuo, sendo o produto conservado refrigerado (-10°C) para posterior caracterização e uso.

Determinação do teor de NO: A quantificação do teor de óxido nítrico presente foi realizada através do uso de reagente de Griess de acordo com metodologia descrita por Seabra (2010), com algumas modificações. Para isto foram preparadas solução estoque de sulfanilamida 0,2% em HCl 6mol, NEED 0,1% em HCl 6mol e HgCl₂ 0,5mmol.L⁻¹ em DMSO. Uma massa conhecida de amido foi adicionada em uma solução preparada a partir da mistura de 0,7mL de Sulfonilamida, 0,7mL de NEED e 0,1mL de mercúrio. A mistura foi deixada em repouso por 1,5h e avaliada espectrofotometricamente. O teor de NO foi determinado através de uma curva de calibração obtida a partir da diluição de uma solução padrão (5 mmol.L⁻¹) de nitrito de sódio em meio ácido (1,67mol.L⁻¹ de HCl) resultando em concentrações entre 0,1 mmol.L⁻¹ e 1,0mol.L⁻¹.

Caracterização morfológica dos microgéis: A morfologia e o tamanho médio das partículas foram determinados por meio de microscopia óptica e eletrônica de varredura (MEV) e posterior análise das imagens utilizando o software Image Tool.

Determinação do grau de intumescimento dos microgéis: capacidade de absorção de água foi determinada através da razão entre a massa dos microgéis intumescidos em água e a massa das microgéis secos em estufa.

Ensaio em sementes de *L. sativa*: Uma média de 15 sementes de *L. sativa* foram colocadas sobre papel filtro contido em placa de petri de 9 cm de diâmetro. Em seguida

3 mL de solução foram adicionados aos discos os quais foram incubados por 72h a 25°C (Bagur-Gonzalez, 2010). Como condição controle do experimento a mesma quantidade sementes foi incubada utilizando água purificada. Foram realizados três tratamentos com solução aquosa de amido modificado e nitrosado nas concentrações de 6,25, 3,12 e 1,56 mmol.L⁻¹. Após este período o número de sementes germinadas foi determinado sendo aferido também a massa e o comprimento médio das raízes das sementes germinadas. Com estes dados pode-se estabelecer a toxicidade, através do índice de crescimento relativo (ICR) e do índice de germinação (IG), calculados através das equações abaixo.

$$IG = \frac{Germ_{amostra} - Germ_{controle}}{Germ_{controle}} \quad (1)$$

Onde $Germ_{amostra}$ é a média numérica das sementes germinadas na solução testada (%) e $Germ_{controle}$ é a média numérica das sementes germinadas em condição controle, em água purificada (%).

$$ICR = \frac{Comp_{amostra} - Comp_{controle}}{Compo_{controle}} \quad (2)$$

Onde $Comp_{amostra}$ é a média do comprimento das sementes germinadas na solução testada (cm) e $Germ_{controle}$ é a média do comprimento das sementes germinadas em condição controle utilizando água purificada (cm).

Tanto IG quanto ICR podem ter valores ≥ -1 , podendo ser estabelecida a seguinte escala: (a) 0 to -0.25 baixa toxicidade, (b) -0.25 to -0.5 toxicidade moderada, (c) -0.5 to -0.75 alta toxicidade e (d) -0.75 to -1 elevada toxicidade, sendo que valores de ICR >0 indicam que houve estímulo de crescimento ao passo que um composto é considerado com potencial de toxicidade crônica quando ocorre uma redução de 50% na variável estudada.

Determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH: Ensaio DPPH: A ação antioxidante do amido nitrosado foi avaliada para soluções de amido nas concentrações de 2, 0,2, 0,02 e 0,002% (m/V) de acordo com a metodologia descrita por Nascimento et al., (2011) com algumas modificações. Para isto 0,1mL de cada uma das soluções de amido foi adicionado a 3mL de uma solução de DPPH na concentração de 0,00316% (m/V). A mistura foi deixada em repouso no escuro por 30 mim e então avaliada espectrofotometricamente em 515nm. A capacidade de eliminar o radical DPPH foi utilizada para determinar o % de atividade antioxidante (AA %) o qual foi calculado através da seguinte equação:

$$AA \% = \frac{A_{controle} - A_{amostra}}{A_{controle}} \times 100 \quad (3)$$

Sendo, $A_{controle}$ a absorbância da solução de DPPH sem a amostra e $A_{amostra}$ a absorbância da amostra com o DPPH.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modificação química do amido de mandioca com ácido tiolático por reações de condensação pôde ser comprovada através dos espectros de Infravermelho (Figura 1).

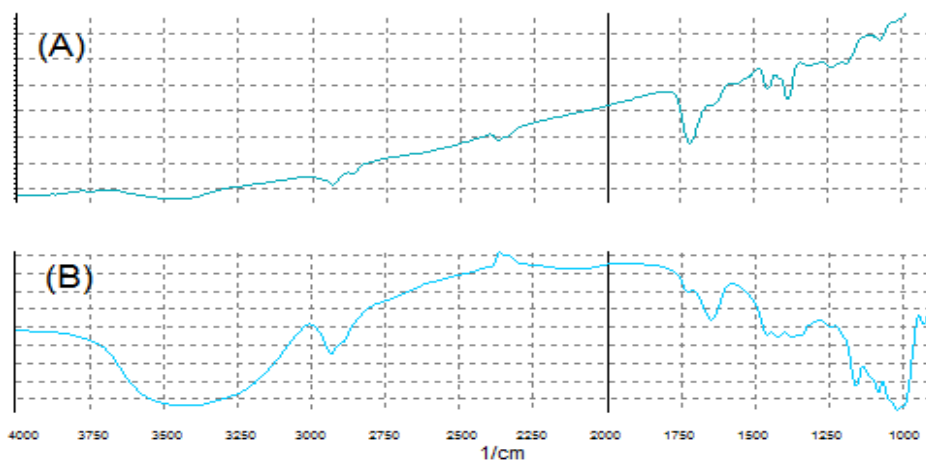


Figura 1. Espectros de infravermelho para (A) ácido tiolático, (B) amido de mandioca esterificado.

Através da Figura 1, pode-se ver em (B), o pico em 1728 cm^{-1} correspondente a carbonila de ésteres, derivado do ácido tiolático (A) onde se observa em 1720 cm^{-1} o sinal para carbonila do ácido tiolático puro. Em 1650 cm^{-1} pode-se observar o sinal de carbonila (Fig. 1B) para o amido. Comprovando assim a modificação do amido através do processo de esterificação em meio ácido.

Os microgéis obtidos por microemulsão e reticulados covalentemente através do uso de reticulante apresentaram morfologia esférica (Figura 2) e consistência macia além de leve opacidade quando intumescidos.

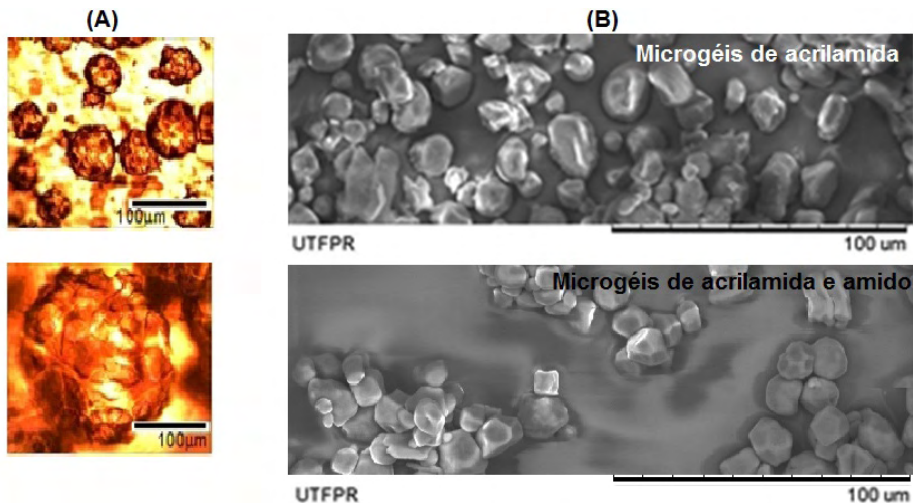


Figura 2. (A) Imagens de microscopia óptica obtidas para os microgéis de amido e acrilamida, intumescidos. (B) Imagens de microscopia eletrônica de varredura para os microgéis, secos.

Entretanto como pode ser visto através da figura 2, os microgéis de acrilamida puro, quando intumescidos, apresentaram diâmetro médio entre 80 a 230 μm (194 ± 27 e 94 ± 15 μm) enquanto que os microgéis de acrilamida semi-interpenetrado com amido apresentaram menores diâmetros, bem como menor dispersão de tamanho, com diâmetros médios de $15,4 \pm 2,5$ μm . O que leva a supor que a presença das cadeias poliméricas do amido podem ter levado a redução da dispersão e do tamanho das partículas uma vez que podem ter atuado como pontos de iniciação de reticulação.

O processo de síntese utilizado levou a formação de microgéis semi-interpenetrados obtidos através da reticulação da acrilamida em solução, na presença de contendo amido acetilado. Estes microgéis foram capazes de absorver em apenas 15 min aproximadamente duas vezes a massa seca ($2,00 \pm 0,11$), sendo o intumescimento em 45 min igual a $3,01 \pm 0,31$. Os microgéis tanto de acrilamida puro e de acrilamida contendo amido acetilado foram capazes de absorver grande quantidade de água e apresentaram respectivamente grau de intumescimento com valor médio de $12,9 \pm 1,2$ e $5,5 \pm 0,3$. Quanto mais hidrofílica, e menos densa, for à rede polimérica maior é o teor de água absorvido o que leva a dizer que a presença de amido reduz tanto o teor de absorção de água quanto o tamanho das micropartículas. Apesar de apresentar uma menor capacidade de intumescimento quando comparado aos hidrogéis de acrilamida puro, os microgéis contendo amido em virtude da presença de grupos tióis, podem ser utilizados como matrizes para liberação de óxido nítrico, após o processo de nitrosação, um potente agente bioativo que pode ser utilizado para auxiliar processos de cicatrização, por exemplo, além de outras diversas atividades conforme destacado anteriormente.

Neste trabalho, procedeu-se o processo de nitrosação tanto somente do amido

modificado quanto do amido semi-interpenetrado nos microgéis. A nitrosação do amido modificado através do processo de esterificação com ácido tiolático ocorreu devido ao ataque nucleofílico do cátion nitrosonion (NO^+) ao átomo de enxofre do grupo tiol (SH), de modo a formar o grupo SNO, o qual sequentemente será capaz de liberar NO (Seabra et al., 2010). Durante o processo, ocorreu a mudança de coloração do amido de branco para rosa claro, indicando a formação de grande quantidade de grupos SNO. A presença de grupos NO pode ser comprovada através da avaliação espectrofotométrica utilizando reagente de Griess, sendo a quantificação do teor de óxido nítrico realizada analiticamente com o uso de nitrito de sódio como padrão, cuja curva de calibração (Figura 3A), obtida a partir das curvas de absorção máxima em 542nm (Figura 3B), apresentou coeficiente de regressão linear de 0,98.

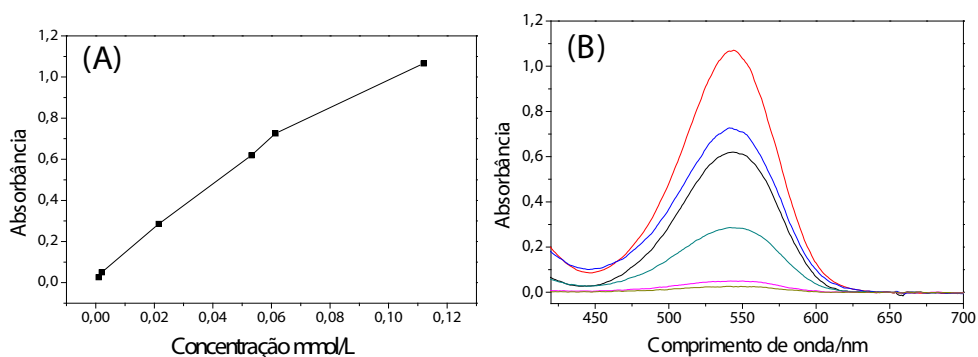


Figura 3. (A) curva de calibração de óxido nítrico obtida em 542 nm e, (B) Banda espectral para o cromóforo azo originado na solução de Griess.

A partir da equação de reta obtida foi possível aferir que cada grama de amido foi capaz de liberar $8,57 \text{ mmol.L}^{-1}$ de óxido nítrico, enquanto os microgéis foram capazes de liberar $6,2 \text{ mmol.Lg}^{-1}$. Foi observado ainda que enquanto o amido libera o NO rapidamente a cinética de liberação nos microgéis apresenta um perfil cinético mais lento, mesmo usando HgCl_2 . Microgéis apresentam como vantagem o fato de poderem ser utilizados em sistemas microparticulados, ou ainda em sistemas tradicionais de curativos na forma de membranas, podendo ainda ser desidratados para comercialização. Além disso, uma vez que a estabilidade do óxido nítrico é maior para sistemas desidratados, devido ao sistema de cadeia, os microgéis podem ser uma alternativa para aumentar o tempo de prateleira de materiais doadores de óxido nítrico.

Uma vez que os microgéis de amido acetilado com doadores de NO apresentam viabilidade de utilizações como matrizes para liberação de óxido nítrico, foi verificado através do ensaio de DPPH, com nível de 95% de significância, a ação antioxidante do amido nitrosado para soluções de amido nas concentrações de 2, 0,2, 0,02 e 0,002% (m/V). Após 30min em contato (em repouso) com o reativo DPPH através da avaliação

espectrofotométrica verificou-se que o amido possui a capacidade de eliminar o radical DPPH entre 90 e 30% para as concentrações utilizadas, demonstrando um efeito dependente da dose (Figura 4). Além disso, foi verificado através dos ensaios com sementes de *L. sativa* que o amido nitrosado não apresenta potencial citotóxico. Conforme pode ser observado através da Tabela 1, não houve diferença significativa no desenvolvimento da planta entre as concentrações avaliadas.

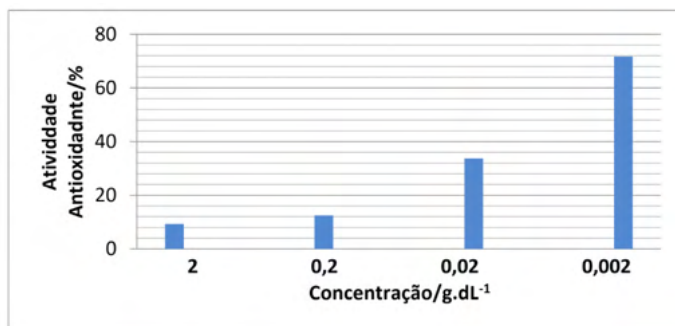


Figura 4. Percentual de atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH

A redução da concentração de óxido nítrico utilizada não inibiu o potencial germinativo e não mostrou variação no tamanho médio das raízes de *L. sativa*, o que indica que as concentrações de NO utilizadas não diferem entre si no crescimento do organismo celular, bem como na divisão celular.

Con/mmol.L ⁻¹	% de germinação	IG	Tamanho médio/ cm	ICR	Peso/g
6,25	87±4	-0,06	4,64±0,75	0,38	0,2250±0,0260
3,12	83±7	-0,03	4,68±0,87	0,39	0,2563±0,0157
1,56	79±13	-0,08	4,67±0,83	0,38	0,1921±0,0482
controle	92±3		3,37±1,38	-	

Tabela1. Relação do número e massa de sementes de *L. sativa* tratadas com amido nitrosado em diferentes concentrações, tendo água purificada como controle.

As respostas biológicas que o NO induz não estão restritas a um único grupo de mecanismo de defesa, sendo que de acordo com Campos et, al., (2019) diferentes mecanismos são ativados e ou intensificados após adição do óxido nítrico como molécula sinalizadora o que contribui para a redução da geração de H₂O₂, resultando na atenuação de danos na membrana celular e conseqüente decréscimo de morte celular. Neste sentido a liberação exógena de NO através de moléculas transportadoras pode ser uma alternativa para a defesa das células frente a estresses oxidativo ou proteção de dano.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de microemulsão empregado foi apropriado para a produção de microgéis capazes de absorver aproximadamente 5 e 10 vezes o peso seco em água com morfologia esférica e tamanhos médios variados entre 90 e 200 μm para os hidrogéis de acrilamida puro e 15 μm para os microgéis de acrilamida e amido acetilado. Além disso, os microgéis de amido acetilado com látex não apresentaram citotoxicidade podendo ser utilizados como matrizes para liberação de óxido nítrico um potente composto biotivo.

AGRADECIMENTO

CNPq, Fundação Araucária, FUNTEF, Central de Análises/UTFPR-PB

REFERÊNCIAS

ABDULBAKI, M., HUH, C., SEPEHRNOORI, K., DELSHAD, M., & VARAVEI, A. **A critical review on use of polymer microgels for conformance control purposes.** *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 122, 741-753, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.06.034>. Acesso: 14 de setembro de 2021

BAGUR-GONZÁLEZ, MG.; ESTEPA-MOLINA, C.; MARTÍN-PEINADO, F.; MORALES-RUANO, S. **Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site.** *J Soils Sediments* DOI 10.1007/s11368-010-0285-4

BORRO, B. C., NORDSTRÖM, R., & MALMSTEN, M. **Microgels and hydrogels as delivery systems for antimicrobial peptides.** *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2020, doi:10.1016/j.colsurfb.2020.11083

CAMPOS, F. V.; OLIVEIRA, JÁ.; PEREIRA, M G.; FARNESE, FS. **Nitric oxide and phytohormone interactions in the response of *Lactuca sativa* to salinity stress.** ORIGINAL ARTICLE Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019. *Planta*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03236-w> Acesso: 22 de setembro de 2021.

CERQUEIRA, N.F.; YOSHIDA, W. B. Nitric oxide. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 17, n. 6, p. 417-423, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/acb>. Acesso: 24 de setembro de 2021

GADELHA C. G., et al. **Exogenous nitric oxide improves salts tolerance during establishment of *Jatropha curcas* seedlings by ameliorating oxidative damage and toxic ion accumulation.** *Journal of plant physiology* vol. 212, p 69-79. doi:10.1016/j.jplph.2017.02.005. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28278442/>. Acesso: 24 de setembro de 2021

GIUNCHEDI, P.; CONTE, U.; CHETONI, P.; SAETTONI, M.F. **Pectin microspheres as ophthalmic carrier for piroxicam evaluation in vitro and in vivo in albino rabbits.** *Eur. J. Pharm. Sci.*, v. 9, p. 1-7, 1999.

GONÇALVES, F. L. L. **Avaliação da proteção e tratamento das alças intestinais fetais utilizando hidrogel (biomaterial) e S-nitrosoglutationa (GSNO) no modelo experimentos de gastrosquise.** Tese (Doutorado em Ciências) Programa de Pós-graduação da Faculdade de Ciências Medicas da Unicamp-Campinas, SP, 2011.

FATMA M.; MASOOD A.; PER TS.; KHAN NA. **Nitric oxide alleviates salt stress inhibited photosynthetic performance by interacting with sulfur assimilation in mustard.** *Front Plant Sci* 7:521, 2016.

HOFFMAN, A.S. **Hydrogel for biomedical applications.** *Adv. Drug Delivery Rev.*, v. 43, p.18-23, 2002.

KUROIVA, Z, J. **Influência do óxido nítrico nos processos de embebição e mobilização de reservas durante a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de Sesbaniavirgata (Cav.) Pers. e Hymenaeacourbaril L.** São Paulo, 2011. 101 p. il. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2011

LANCASTER JR., J., ED. **In Nitric Oxide-Principles and Action.** Academic Press: New York, 1996.

LU, H., FENG, Y., ZHANG, T., & HUANG, Z. **Retention behaviors of hydrophobically associating polyacrylamide prepared via inverse microemulsion polymerization through porous media.** *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 47, 602-607, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10601321003742105>. Acesso:

NASCIMENTO, J. C.; LAGE, L. F. O.; CAMARGOS, C. R. D.; AMARAL, J. C.; COSTA, L. M.; SOUSA, A. N.; OLIVEIRA, F. Q. **Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH e doseamento de flavonóides totais em extratos de folhas da Bauhinia variegata L.** *Revista Brasileira de Farmácia*, Belo Horizonte, MG, v. 92, n. 4, p. 327- 332, 2011.

MILLER, MR e MEGSON IL. **Recent developments in nitric oxide donor drugs.** *British J. Pharmacology*.2007, 151, 305.

SEABRA, AMEDEA B., MARTINS, DORIVAL, SIMÕES, MÁIRA M.S.G. et al. **Antibacterial Nitric Oxide-Releasing Polyester for the Coating of Blood-Contacting Artificial Materials.** *Artificial Organs*, 34: E204 - E214, 2010.

TICHÁ, T.; SEDLÁŘOVÁ, M.; ČINČALOVÁ, L.; TROJANOVÁ, Z. D.; MIESLEROVÁ, B.; LEBEDA, A.; LUHOVÁ, L.; PETŘIVALSKÝ, M. **Involvement of Snitrosothiols modulation by Snitrosoglutathione reductase indencefence responses of lettuce and wild Lactuca spp.** *Tobiotrophicmildews Planta* 247:1203–1215, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2858-1>

YUEQI, Y.; ZHANGJIAN, H.;LI, L. **Advanced nitric oxide donors: chemical structure of NO drugs, NO nanomedicines and biomedical applications.** *Nanoscale*,13, 444-459, 2021,DOI. Disponível em:<https://doi.org/10.1039/D0NR07484E>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço carbono de baixa liga 14
Aço carbono de baixa liga e alta resistência 14
Agente compatibilizante 3, 10

B

Blenda polimérica 3

C

Citotoxicidade 95, 96, 103
Corrosão 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 106

D

Desfosforação 54, 55, 56, 57, 59, 62, 63, 64, 65, 66
Doadores de óxido nítrico 94, 96, 101

E

Elastômero termoplástico 4
Extratos vegetais 67, 69, 70, 75, 79, 80

F

Ferramentas de cerâmica 105, 110, 111, 113
Ferro-gusa 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 66
Filme de óxido de Titânio - TiO₂ 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 59
Fotocatálise 27, 32, 39, 41
Fotocromismo 27
Fresamento 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114

H

Hidratos de gás 85, 86, 91

I

Inconel 718 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115
Inibidores da linha verde 67, 69
Inibidores de corrosão 67, 69, 70, 74, 75, 76, 79, 81, 82
Inibidores de hidratos de gás 85

Inibidores poliméricos 85, 87

Inibidores sintéticos 67

M

Manufatura aditiva 14, 15

Manufatura aditiva por arco elétrico - WAAM 14

O

Óxido nítrico 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 104

P

Poli (ácido láctico) - PLA 1, 2, 4

Poliuretano termoplástico 1, 3, 4

Pré-tratamento de ferro-gusa 55, 56

Propriedades mecânicas 11, 15, 68, 73, 105, 106, 112

Protocolo de alto rendimento 85

R

Resfriamento criogênico 105, 111

S

Spin-coating 27, 28, 30, 31





T

Termodinâmica computacional 54, 57, 63, 66

Testes não destrutivos 15

Tratamento térmico 15, 29, 33, 34, 35, 41, 42, 73, 105, 112, 113

Trióxido de Tungstênio - WO₃ 27

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

Collection:

APPLIED MATERIALS ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED MATERIALS ENGINEERING


Ano 2022