



RETICULAÇÃO DE POLISSACARÍDEO DE CAJUEIRO DO CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz., *anacardiaceae*) E DEGRADAÇÃO DO HIDROGEL POR *Aspergillus niger* (*aspergillaceae*)

CROSSLINKING OF CASHEW TREE POLYSACCHARIDE FROM THE CERRADO (*Anacardium othonianum* Rizz., *anacardiaceae*) AND HYDROGEL DEGRADATION BY *Aspergillus niger* (*aspergillaceae*)

Ester Vieira GONÇALVES¹ • Erick Melo AMARAL² • Flaviane Borges TEIXEIRA³ • Thâmara Machado e SILVA⁴ • Solange XAVIER-SANTOS⁵ • Samantha Salomão CARAMORI⁶

Resumo

Exsudatos de plantas são materiais extraídos de forma sustentável e que possuem diversas aplicações potenciais, em função de sua composição em carboidratos complexos e outros componentes. Neste estudo, testou-se o polissacarídeo do cajueiro-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz. (PEJU)) como fonte de carbono para *Aspergillus niger*, e depois a formação de produtos a partir da reticulação do PEJU, utilizando epícloridrina e glutaraldeído. Os produtos obtidos da reticulação de polissacarídeos foram utilizados como suporte para o aprisionamento de *A. niger*. O PEJU foi ofertado como única fonte de carbono para o cultivo de *A. niger* por 96 h de cultivo. Quantidades variadas do polissacarídeo foram testadas com glutaraldeído para reticulação e o rendimento deste processo foi comparado àquele realizado com epícloridrina. Os hidrogéis obtidos a partir da reticulação foram incubados com esporos de *A. niger* por 96 h. O meio de cultura, contendo PEJU como fonte de carbono permitiu o aumento da biomassa de *A. niger*, sendo maior em condições de agitação. O rendimento do hidrogel por glutaraldeído foi de 20,4% e por epícloridrina, 78,13 %. A biomassa de *A. niger*, após o cultivo com a goma reticulada, aumentou em 2,1 g. O PEJU apresentou potencial para ser aplicado como fonte de carbono para o cultivo de células fúngicas e na forma reticulada, também pode ser aplicado como suporte para a imobilização de *A. niger* por aprisionamento.

Palavras-chave: *Aprisionamento; Resina; Extração.*

Abstract

Plant exudates are sustainably extracted materials that have several potential applications, due to their composition in complex carbohydrates and other components. In this study, the polysaccharide from the cerrado cashew tree (*Anacardium othonianum* Rizz. (PEJU)) was tested as a source of carbon for *Aspergillus niger*, and then the formation of products from the cross-linking of PEJU, using epichlorohydrin and glutaraldehyde. The products obtained from polysaccharide crosslinking were used as a support for trapping *A. niger*. PEJU was offered as the only carbon source for the cultivation of *A. niger* for 96 h of cultivation. Varying amounts of the polysaccharide were tested with glutaraldehyde for crosslinking and the yield of this process was compared to that performed with epichlorohydrin. The hydrogels obtained from crosslinking were incubated with spores of *A. niger* for 96 h. The culture medium, containing PEJU as a carbon source, allowed an increase in the biomass of *A. niger*, being greater under conditions of agitation. The yield of the hydrogel by glutaraldehyde was 20.4% and by epichlorohydrin, 78.13%. The biomass of *A. niger*, after cultivation with the reticulated gum, increased by 2.1 g. PEJU showed potential to be applied as a carbon source for the cultivation of fungal cells and in the reticulated form, it can also be applied as a support for the immobilization of *A. niger* by entrapment.

Keywords: *Entrapment; resin; extraction.*

✉ Ester Vieira Gonçalves, esterveiragbio@gmail.com

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, Goiás, Brasil, <https://orcid.org/0000-0001-9272-2796>;

²Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, Goiás, Brasil, <https://orcid.org/0009-0000-9104-2895>;

³Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, Goiás, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-9875-004X>;

⁴Faculdade Anhangüera de Brasília, Brasília, Distrito Federal, <https://orcid.org/0000-0003-0597-2178>;

⁵Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, Goiás, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-3397-0885>;

⁶Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis, Goiás, Brasil, <https://orcid.org/0000-0003-2676-8280>.

Introdução

Anacardiaceae inclui espécies conhecidas por produzirem gomas, como por exemplo, o cajueiro-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.) que ocorre no Cerrado brasileiro (SILVA al., 2017). Essa espécie apresenta porte arbóreo de três a quatro metros de altura e apresenta frutos comestíveis, como os de *Anacardium occidentale* (CORRÊA et al., 2008). São frutos com propriedades medicinais, como por exemplo, o óleo de resina, extraído do fruto, que é utilizado para

curar doenças de pele e o pedúnculo carnosos, no tratamento da sífilis. Assim também é a casca do caule, utilizada como antidiarreico, como infusão ou decocção e as flores são expectorantes e usadas como infusão (ASSIS et al., 2012).

O cajueiro-do-cerrado produz exsudato de polissacarídeo, que pode ser extraído de todas as partes da planta (CORRÊA et al., 2008). As gomas são produzidas como mecanismo de defesa das plantas ao estresse causado por injúrias físicas ou ataques microbianos (PAULA; PAULA; FEITOSA, 2018). A literatura científica tem descrito o uso da goma de Anacardiaceae em imobilização de enzimas, fonte de carbono para microrganismos, atividade antimicrobiana, tratamento de efluentes e microencapsulação de óleos essenciais (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2019; TORQUATO; FERREIRA; SÁ, 2004).

Os exsudatos de plantas apresentam elevada solubilidade em água e hidrofiliabilidade. No entanto, é possível alterar essas características combinando esses polissacarídeos com outras substâncias a fim de ampliar sua possibilidade de uso. A modificação química da goma pode ocorrer por meio da reticulação das cadeias de polissacarídeo, em que um reagente (denominado como reagente reticulante) introduz pontes intermoleculares e/ou ligações cruzadas entre macromoléculas de polissacarídeos (CRINI, 2005). Estudos de modificação química de gomas por meio da reticulação das cadeias de polissacarídeo têm destacado o grande potencial desse procedimento no aprisionamento de drogas farmacêuticas (FURTADO et al., 2013) e encapsulamento de óleos essenciais (RIBEIRO et al., 2015).

A produção de exsudato por *A. othonianum* Rizz. ocorre em grande quantidade, quando o córtex é ferido, e poderia também ser uma fonte de exsudato para modificação química, servindo para o aprisionamento alguns compostos químicos ou microrganismos. Apesar disso, os estudos existentes carecem de testes de reticulação do polissacarídeo de exsudato para essa espécie arbórea. Além disso, a degradação da goma reticulada por microrganismos de quaisquer das espécies de cajueiro ainda não é conhecida. Estudos referem-se apenas a testes de degradação termal (PAULA et al., 2011 e SILVA et al., 2006).

Neste estudo, a biomassa do fungo *Aspergillus niger* (Família: Trichocomaceae, Filo Ascomycota) foi incubada com o polissacarídeo purificado da goma de *A. othonianum* Rizz. (PE-

JU) e com o hidrogel, que foi obtido com a modificação química do PEJU por reação de reticulação com glutaraldeído ou com epícloridrina. Sendo assim, foi testado o uso do PEJU como fonte de carbono para *A. niger*, e após a formação do hidrogel, foi avaliada a viabilidade de aprisionamento da biomassa fúngica neste suporte, o que poderia servir como um sistema de produção enzimática contínua pelas hifas do fungo.

Material e Métodos

Obtenção do isolado fúngico *Aspergillus niger*

O isolado fúngico utilizado nesta pesquisa foi *A. niger*. Trata-se de um fungo filamentosos que pertence à família Trichocomaceae. Na natureza, é encontrado no solo, serapilheira e materiais vegetais em decomposição (SCHUSTER et al., 2002). O isolado utilizado nesta pesquisa, provém da coleção de culturas de fungos do Laboratório de Micologia Básica, Aplicada e Divulgação Científica (FungiLab) da Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Campus Henrique Santillo, Anápolis-GO. A reativação da cultura a partir da coleção e a identificação taxonômica do isolado fúngico segue Gonçalves et al. (2023).

Purificação da goma

A obtenção da goma *in natura* de *Anacardium othonianum* Rizz segue a metodologia de obtenção de goma a partir de Silva et al. (2017). A goma foi triturada com auxílio de almofariz e pistilo e, em seguida, tamisada e dissolvida em água destilada na proporção de 20% (p/v). A mistura foi mantida em temperatura de 26 °C por 24 h para completa dissolução. A mistura obtida foi filtrada em nylon (10 fios) e em seguida adicionado etanol absoluto (a 4 °C), na proporção de 1:3 (v/v). A suspensão obtida foi mantida a 4 °C por 24 h e, após decantação, o sobrenadante foi descartado e o precipitado lavado com etanol absoluto e filtrado em nylon (10 fios). O precipitado foi seco em sílica e triturado para formar um pó fino.

Goma de cajueiro como fonte de carbono para biomassa fúngica

O polissacarídeo PEJU foi ofertado como fonte de carbono para o crescimento da biomassa fúngica de acordo com o método de Torquato et

al. (2004). Foi preparado um meio de cultura composto por polissacarídeo purificado de caju (40 g/L); $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1,0 g/L); NaH_2PO_4 (1,0 g/L); KCl (0,5 g/L) e pH ajustado para 5,0. Vinte mililitros foram distribuídos em tubos de ensaio 20 × 200 mm e autoclavados em 121 °C por 15 min. As culturas foram transferidas de inclinações de estoque e incubadas a 35 °C. O cultivo sob agitação (80 rpm) e temperatura à 30 °C também foi testado. O meio inoculado foi observado durante cinco dias para detecção visual de crescimento micelial. Após esse período, a biomassa foi filtrada em papel filtro e seca em estufa de secagem (Fanem, Estufa 515) a 50 °C até apresentar peso constante e o seu peso foi mensurado em balança analítica (Shimadzu, ATX224). O controle foi obtido sem a inoculação da biomassa fúngica.

Reticulação do polissacarídeo da goma com glutaraldeído

As condições de reticulação por glutaraldeído para *A. othonianum* Rizz. foram otimizadas a partir de Silva et al. (2010), variando a concentração de exsudato e adição de etanol. O PEJU foi diluído em 10 mL de água destilada nas concentrações de 0,2; 0,4; 0,8; 1,5 e 3 g. Em seguida, 1,5 mL de glutaraldeído a 25% (v/v) foi adicionado na solução de PEJU e água. A solução foi aquecida a 65 °C e mantida sob agitação por 50 min. Uma solução de ácido clorídrico a 3 mol/L foi disposta em poços de microplacas; 20 µL da solução de PEJU e glutaraldeído foram adicionados ao ácido clorídrico e a reação foi mantida em temperatura ambiente por 24 h. Após esse período, 120 µL de álcool absoluto foi adicionado para a precipitação do polissacarídeo. Uma solução de NaOH a 0,5 mol/L (40 µL) foi adicionada nas microplacas para neutralização do material produzido. A reticulação também foi testada sem adição de ácido clorídrico e comparada com a formulação completa.

Reticulação do polissacarídeo da goma com epiclorigrina

A modificação do polissacarídeo com epiclorigrina foi realizada de acordo com Silva et al. (2006). Uma amostra de polissacarídeo (1,0 g) foi diluída em 1,2 mL de NaOH a 5 mol L⁻¹ e água destilada (0,7 a 2,4 mL) até formar uma pasta homogênea. A epiclorigrina (em um volume entre

0,4 a 0,86 mL) foi adicionada à mistura e mantida para homogeneização. A mistura foi aquecida a 40 °C por 24 h, seguida por um segundo período de aquecimento de 15 h a 70 °C. O produto reticulado foi lavado com água destilada, dialisado e seco.

O rendimento dos métodos de reticulação com glutaraldeído e epiclorigrina foi calculado pela utilizando a equação:

$$\text{Rendimento} = \frac{m_{\text{gel}}}{m_{\text{goma}}} \cdot 100$$

Onde m_{gel} é a massa seca do produto reticulado e m_{goma} é a massa inicial do polissacarídeo (PEJU). O resultado é dado em porcentagem (SILVA et al., 2006).

Imobilização por aprisionamento das células de *Aspergillus niger* em hidrogéis de PEJU

Os polissacarídeos reticulados (hidrogéis) foram testados quanto à capacidade de serem degradados pela biomassa de *A. niger*. Então, 0,5 g do hidrogel e 50 mL de cultura de meio mínimo foram esterilizados em frascos Erlenmeyer de 250 mL a 121 °C em 1 atm por 15 min. Um litro de meio mínimo contém 1,0 g KH_2PO_4 ; 0,3 g $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 1,4 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,3 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5% (p/v) de glicose e 0,25% (p/v) de extrato de levedura. Uma concentração de $28,5 \cdot 10^5$ mL⁻¹ de esporos de *A. niger* foi inoculada neste meio de cultura.

As culturas foram mantidas em incubadora com agitação orbital com velocidade de 120 rpm (Novatecnica, modelo NT 715), mantidos a uma temperatura constante de 30 °C por 96 h (GONÇALVES et al., 2023). Após este período, a biomassa foi filtrada em papel filtro Watman n°1 e seca em estufa a 50 °C até peso constante. A diferença de peso entre a biomassa antes e após o cultivo foi mensurada para cálculo do consumo do meio pelo micro-organismo.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software GraphPad Prism 8.0.1. Os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett foram utilizados para testar os pressupostos de normalidade e homoscedasticidade dos dados. A comparação entre as médias das três repetições do crescimento da biomassa em meio contendo a goma como fonte de

carbono foram realizadas usando ANOVA unidirecional e teste de Tukey, em um nível de probabilidade de 5% ($p \leq 0.05$). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a distribuição normal dos dados.

Resultados

Goma de cajueiro como recurso de carbono para biomassa fúngica

O polissacarídeo purificado por precipitação etanólica teve rendimento de 35% em relação à goma bruta. O PEJU foi testado como fonte de carbono para *A. niger*. A mudança de coloração para preto, conforme observado na Figura 1, indicou o crescimento da biomassa de *A. niger*, após 24 h de incubação. Em condições de agitação, *A. niger* apresentou aumento médio de 1,46 g da biomassa após 120 h de cultivo. Porém, em condições sem agitação (estacionária), o aumento médio da biomassa foi de 0,09 g, após 120 h de cultivo. As condições de cultivo com agitação e sem agitação foram significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p = 0,0024$). Também houve diferença significativa entre as condições de agitação e o grupo controle ($p = 0,0017$). Não houve diferença significativa entre as condições de cultivo estacionária e controle ($p = 0,91$). Os dados atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade.



Figura 1. Crescimento de *Aspergillus niger* em goma purificada de *Anacardium othonianum* Rizz.

Reticulação da goma

O PEJU foi reticulado com glutaraldeído, formando um hidrogel com as concentrações de 1,5 e 3 g de PEJU em solução aquosa. Na concentração de 1,5 g de exsudato, formou-se um produto com diâmetro médio de 0,2 mm. Utilizando-se maior quantidade de exsudato ofertada (3 g), o material reticulado apresentou um produto com 0,5 mm de diâmetro (Figura 2). Sem a adição de ácido clorídrico, a reticulação do material não foi observada. O rendimento dos produtos de polissacarídeo reticulado foi calculado em relação à concentração de PEJU utilizada para cada um dos reagentes (glutaraldeído ou epícloridrina). Com as concentrações de PEJU de 1,5 e 3 g, o rendimento do hidrogel composto por glutaraldeído foi de 20,4%. O PEJU reticulado por epícloridrina (1 g) obteve o rendimento de 78,13 %.

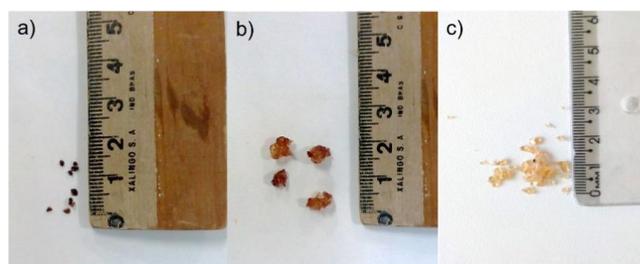


Figura 2. Hidrogel obtido da reticulação de polissacarídeo de exsudato de *Anacardium othonianum* RIZZ. (PEJU) reticulado com glutaraldeído, com PEJU nas concentrações de 1,5 g (a) e 3,0 g (b) e comparação visual com epícloridrina (c).

Testes de degradação do hidrogel por biomassa fúngica

Após o período de 96 h de incubação do isolado fúngico com o hidrogel, houve visível crescimento da biomassa fúngica na goma reticulada por epícloridrina, por meio da mudança da coloração de âmbar para preta, indicando presença dos esporos de *A. niger* (Figura 3). O peso seco da biomassa aumentou em ambas os hidrogéis, sendo a diferença de peso maior após o cultivo com goma reticulada por epícloridrina (2,1 g) do que por glutaraldeído (0,4 g) (Tabela 1).

Tabela 1. Diferença de peso entre a biomassa total e o polissacarídeo do caju arbóreo do Cerrado (*Anacardium othonianum* RIZZ.) após 96 h de incubação de *Aspergillus niger* com a goma reticulada.

Agente reticulante	Peso da goma reticulada antes do cultivo (g)	Diferença de peso entre a goma reticulada antes e após a incubação com

	células fúngicas (g)	
Glutaraldeído	0,5	0,4
Epícloridrina	0,5	2,1

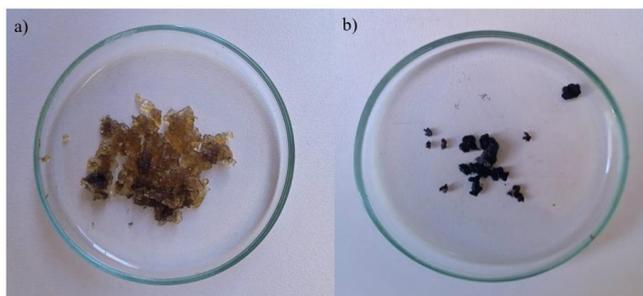


Figura 3. Crescimento de *Aspergillus niger* no polissacarídeo de *Anacardium othonianum* reticulado por glutaraldeído (a) e epícloridrina (b) após 96 h de cultivo.

Discussão

O PEJU de *A. othonianum* Rizz. não apresentou um efeito inibitório sobre o crescimento de *A. niger*, assim como foi descrito por Marques et al. (1992) para *A. flavus* e *A. niger*, com a polissacarídeo do cajueiro *A. occidentale*. Apesar dos compostos fenólicos da goma apresentarem ação inibitória para o crescimento de microrganismos, Torquato et al. (2004) indicaram que, após a purificação do exsudato, a maior parte dos compostos fenólicos são removidos, o que justificaria o resultado encontrado neste trabalho. O crescimento da biomassa fúngica também pode ser explicado pela secreção de enzimas do grupo hidrolases, que realizam a quebra das ligações glicosídicas entre os carboidratos presentes no PEJU, que são, principalmente, galactose e manose (SILVA et al., 2017).

Sobre o rendimento durante o processo de reticulação do polissacarídeo, Silva et al. (2006) e Paula et al. (2018) obtiveram 97,2% em relação à goma de *A. occidentale* para formar hidrogel por reação com epícloridrina. O rendimento menor neste trabalho (78.13 %) pode ser explicado pelas diferentes espécies de cajueiro, que refletem uma composição e estrutura química única. A composição da goma utilizada neste estudo foi caracterizada por Silva et al. (2017), que descreveram que o polissacarídeo pertence ao grupo das galactomananas e apresentou baixo teor proteico. Também foram detectadas a presença de chalconas e compostos flavonoides, distinguindo da composição do polissacarídeo de *A. occidentale* (SILVA et al., 2017).

Os experimentos desenvolvidos demonstraram que o hidrogel, tanto aquele proveniente da reação por glutaraldeído ou epícloridrina, tornaram-se de difícil degradação pela biomassa fúngica após o contato com esses agentes reticuladores. O hidrogel é um produto quimicamente mais estável devido à ligação entre as cadeias de polissacarídeo. Para testar sua estabilidade química, Paula et al. (2011) investigaram a degradação termal do hidrogel de *A. occidentale* reticulado por glutaraldeído e descreveram que esse produto só pode ser degradado em temperaturas acima de 504 °C. Silva et al. (2006) reforçam que a degradação da goma reticulada do cajueiro começa em temperaturas mais altas que aquelas não reticuladas.

Foi observado nesse estudo que o crescimento da biomassa fúngica cultivada em meio com hidrogel por glutaraldeído foi significativamente menor que aquele cultivado com hidrogel por epícloridrina. Mota e Gimenez (2022) descreveram que a toxicidade do composto glutaraldeído é maior, com efeitos citotóxicos, podendo eliminar alguns possíveis resíduos após a reação de reticulação.

Conclusões

O crescimento de *A. niger* foi observado tanto em cultivo estacionário quanto sob agitação, tendo o PEJU como fonte de carbono. A espécie é conhecida por produzir uma grande variedade de enzimas e compostos metabólitos, como o ácido cítrico, e é amplamente investigada em processos biotecnológicos, como biorremediação de resíduos sólidos e águas residuais, indústria farmacêutica e cosmética, indústria alimentícia e fertilização do solo. O polissacarídeo do cajueiro do Cerrado *Anacardium othonianum* Rizz. foi reticulado com glutaraldeído e epícloridrina, apresentando com este último agente o maior rendimento. Diante disso, este trabalho indicou novos tipos de suportes para o crescimento de *A. niger*, com um potencial de obter maior densidade celular, maior quantidade de produção de enzimas e compostos metabólitos que auxiliam os processos biotecnológicos.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela bolsa concedida.

Referências

- ASSIS, K. C. et al. In vitro cultivation of *Anacardium othonianum* Rizz.: effects of growth regulator, explant orientation and lighting. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 7, p. 1559-1566, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJB10.1383>.
- CORRÊA, G. D. C. et al. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 42-47, 2008. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/14882>.
- CRINI, G. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. **Progress in polymer science**, v. 30, n. 1, p. 38-70, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2004.11.002>.
- FURTADO, R. F. et al. **Modificação química de goma de cajueiro: novas características e potencialidades de aplicações**. 1ª ed. Fortaleza, Ceará: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. P. 8. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/982098/modificacao-quimica-de-goma-de-cajueiro-novas-caracteristicas-e-potencialidades-de-aplicacoes>.
- GONÇALVES, E. V. et al. Immobilized fungi in commercial polyurethane foam removes short-time phosphorus from domestic effluents. **Environmental Challenges**, v. 11, p. 100693, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100693>.
- MARQUES, M. R.; ALBUQUERQUE, L. M. B.; XAVIER FILHO, J. Antimicrobial and insecticidal activities of cashew tree gum exudate. **Annals of Applied Biology**, v. 121, n. 2, p. 371-377, 1992.
- MOTA, L. O.; GIMENEZ, F. I. Cellulose-Based Materials Crosslinked with Epichlorohydrin: A Mini Review. **Rev. Virtual Quím**, p. 1-12, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220071>.
- PAULA, H. C. et al. Preparation and characterization of chitosan/cashew gum beads loaded with *Lippia sidoides* essential oil. **Materials Science and Engineering**, v. 31, n. 2, p. 173-178, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2010.08.013>.
- PAULA, R. C. M.; PAULA, H. C. B.; FEITOSA, J. P. A. **Polissacarídeos da biodiversidade brasileira**. Fortaleza: Imprensa Universitaria da UFC. 2018. 9 p.
- Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/30349>.
- RIBEIRO, F. W. M. et al. Chemical modification of gum arabic and its application in the encapsulation of *Cymbopogon citratus* essential oil. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 8, 1-7, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.41519>.
- SCHUSTER, E. On the safety of *Aspergillus niger*—a review. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 59, p. 426-435, 2002. Disponível em: DOI 10.1007/s00253-002-1032-6.
- SILVA, D. A. et al. Characterization of crosslinked cashew gum derivatives. **Carbohydrate Polymers**, v. 66, n.1, p. 16-26, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.02.021>.
- SILVA, T. M. et al. Study of the cashew gum polysaccharide for the horseradish peroxidase immobilization—structural characteristics, stability and recovery. **Materials Science and Engineering**, v. 30, n. 4, p. 526-530, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2010.01.016>.
- SILVA, T. M. et al. Synthesis of immobilized biocatalysts for wastewater decontamination. **Polimeros-Ciencia e Tecnologia**. v. 29, n. 4, p. 1/e2019056-8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.08918>.
- SILVA, T. M. Chemical Characterization and Bioprospecting of Cashew Tree Polysaccharide of Brazilian Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), Anacardiaceae. **Technological and Environmental Science**, v.6, n.3, 2017, p. 230-246, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i3.p230-246>.
- SILVA, T. M. et al. New spray-dried microcapsule based on Brazilian cashew polysaccharide (*Anacardium othonianum* Rizz.) and maltodextrin as wall material. **Environment**, v. 28, n. 3, p. 854-862, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01643-4>.
- TORQUATO, D.S.; FERREIRA, M.L.; SÁ, G.C. Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 20 n. 5, p. 505-507, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:WIBI.0000040407.90110.c5>