Capítulo 11

Produção de Biossurfactante por *Mucor racemosus* UCP0022 utilizando Substratos Renováveis

Production of Biosurfactant by Mucor Racemosus UCP0022 Using Renewable Substrates

Ana Vitória do Nascimento da Silva Reis

Universidade Católica de Pernambuco. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-6413-7345.

Jaqueline Farias de Oliveira

Universidade Católica de Pernambuco. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-6522-4308

Rafael de Souza Mendonça

Programa de Pós-graduação em Biotecnologia - (RENORBIO) - UFRPE. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9226-1627

Adriana Ferreira de Souza

Centro Multiusuário de Análise e Caracterização de Biomoléculas e Superfície de Materiais,CEMACBIOS,MCTI. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9527-2206.

Rosileide Fontenele da Silva Andrade

Escola de Ciências da Saúde, Centro Multiusuário de Análise e Caracterização de Biomoléculas e Superfície de Materiais,CEMACBIOS,MCTI. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8526-554x

Galba Maria de Campos-Takaki

Centro Multiusuário de Análise e Caracterização de Biomoléculas e Superfície de Materiais,CEMACBIOS,MCTI. Escola de Tecnologia e Comunicação. Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. ORCID:https://www.orcid.org/0000-0002-0519-0849.

Resumo: Os biossurfactantes são compostos anfifílicos microbianos que reduzem a tensão superficial e interfacial entre fases. Por sua biodegradabilidade, baixa toxicidade e estabilidade sob condições extremas, configuram-se como alternativas promissoras aos surfactantes sintéticos. Entretanto, o alto custo de produção, principalmente devido ao uso de substratos convencionais, limita sua aplicação em larga escala. Neste contexto, propõe-se o aproveitamento sustentável de resíduos sólidos urbanos e agroindustriais, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 9, 12, 13 e 14), para a produção de bioprodutos. Este estudo avaliou a produção de biossurfactante pelo fungo Mucor racemosus UCP0022, utilizando milhocina e óleo residual de soja como fontes alternativas de carbono e nitrogênio, com glicose como controle. Aplicou-se um planejamento fatorial completo 2², com fermentações a 28 °C, 150 rpm, por 96 h. O ponto central (Ensaio 5) apresentou redução da tensão superficial para 30,4 mN/m, e o Ensaio 1, para 30,8 mN/m. Novos cultivos em 48, 72 e 144 h avaliaram a cinética de produção. A cepa reduziu a tensão da água (72 mN/m) para valores entre 29,8 e 30,4 mN/m, com destaque para o Ensaio 5 (29,8 mN/m após 144 h). O índice de emulsificação (E_{24}) variou de 6 a 42,85%, indicando baixa capacidade emulsificante. O biossurfactante apresentou estabilidade em pH neutro e alcalino, sob diferentes temperaturas e concentrações de NaCl, confirmando o potencial da cepa na obtenção de bioprodutos sustentáveis a partir de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: biotecnologia; fungo filamentoso; biossurfactantes; resíduos industriais.

DOI: 10.47573/aya.5379.3.23.11

Abstract: Biosurfactants are microbial amphiphilic compounds that reduce surface and interfacial tension between phases. Due to their biodegradability, low toxicity, and stability under extreme conditions, they are considered promising alternatives to synthetic surfactants. However, the high production cost, mainly due to the use of conventional substrates, limits their large-scale application. In this context, the sustainable use of urban and agro-industrial solid waste is proposed, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs 9, 12, 13, and 14), for the production of bioproducts. This study evaluated the production of a biosurfactant by the fungus Mucor racemosus UCP0022, using corn steep liquor and residual soybean oil as alternative sources of carbon and nitrogen, with glucose as a control. A full 2^2 factorial design was applied, with fermentations carried out at 28 °C, 150 rpm, for 96 h. The central point (Experiment 5) reduced the surface tension to 30.4 mN/m, and Experiment 1 to 30.8 mN/m. Additional cultivations at 48, 72, and 144 h evaluated the production kinetics. The strain reduced water surface tension (72 mN/m) to values between 29.8 and 30.4 mN/m, with the best result in Experiment 5 (29.8 mN/m after 144 h). The emulsification index (E_{24}) ranged from 6 to 42.85%, indicating low emulsifying capacity. The biosurfactant showed stability under neutral and alkaline pH, at different temperatures and NaCl concentrations, confirming the strain's potential for sustainable bioproduct production from agro-industrial waste.

Keywords: biotechnology; filamentous fungus; biosurfactants; industrial wastes.

INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) representa um dos grandes desafios ambientais contemporâneos, resultado direto do avanço da urbanização, do crescimento populacional e dos padrões insustentáveis de produção e consumo. Estima-se que, em 2016, tenham sido gerados cerca de 2,01 bilhões de toneladas de RSU em todo o mundo, com projeções que indicam um aumento para 3,40 bilhões de toneladas até 2050, caso o modelo de desenvolvimento atual seja mantido. Esse crescimento é particularmente preocupante, pois a produção de resíduos está intimamente relacionada ao nível de renda e ao grau de urbanização das nações. Enquanto países de alta renda geram maiores quantidades per capita, mas possuem sistemas de gerenciamento mais estruturados, os países de baixa renda enfrentam graves deficiências na coleta e destinação, com cerca de 33% dos resíduos sendo descartados a céu aberto, o que representa riscos significativos à saúde pública e ao meio ambiente (Kaza *et al.,* 2018).

A gestão sustentável de resíduos constitui uma estratégia fundamental para a mitigação dos impactos ambientais e o fortalecimento da economia circular, por meio da redução, reutilização e valorização de materiais. Segundo as Nações Unidas (UN Brasil, 2015), essa abordagem está diretamente alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, com destaque para o ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis.

Entre os diferentes tipos de resíduos, os orgânicos e agroindustriais têm se destacado pelo elevado potencial de reaproveitamento. Compostos majoritariamente por carboidratos, lipídios e proteínas, esses materiais podem ser convertidos em matérias-primas para bioprodutos de alto valor agregado, como enzimas, bioplásticos e biossurfactantes. Assim, resíduos antes considerados passivos

ambientais passam a representar fontes renováveis de inovação biotecnológica, promovendo sustentabilidade, desenvolvimento econômico e inclusão produtiva (Silva *et al.,* 2022; Reis *et al.,* 2024).

Diante desse cenário, a biotecnologia consolida-se como uma ferramenta estratégica para o uso racional de recursos renováveis, com destaque para a produção de biossurfactantes microbianos. Essa abordagem combina baixo custo de produção, reaproveitamento de resíduos orgânicos e redução de impactos ambientais, reforçando o compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) — especialmente o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e ODS 14 (Vida na Água).

Nessa perspectiva, o presente capítulo tem como objetivo apresentar uma proposta biotecnológica voltada à produção de biossurfactantes a partir de substratos de baixo custo e elevado potencial ambiental, demonstrando seu papel como alternativa inovadora para o manejo sustentável de resíduos. Busca-se, assim, contribuir para a economia circular e para a promoção da saúde ambiental, por meio da integração entre ciência, tecnologia e responsabilidade socioambiental.

REFERENCIAL TEÓRICO

Conceito, Estrutura e Classificação dos Biossurfactantes

Os biossurfactantes são moléculas anfifílicas cuja estrutura apresenta características hidrofílicas (afinidade por compostos polares) e hidrofóbicas (afinidade por compostos apolares). Podem ser sintetizados por microrganismos, como fungos, leveduras ou bactérias, ou extraídos de plantas. Esses compostos representam uma alternativa aos surfactantes derivados de origem petroquímica, pois possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial e interfacial, além de atuar como emulsificantes na formação de emulsões estáveis (Biktasheva *et al.,* 2024).

Os biossurfactantes oferecem uma solução ecológica para produtos que requerem surfactantes (Fernandes *et al.,* 2023) e promovem sustentabilidade ao usar substratos renováveis como fontes nutricionais, reduzindo custos de produção e impactos ambientais (Brumano *et al.,* 2016).

A classificação dos biossurfactantes pode ser feita segundo sua origem e estrutura química. De origem vegetal, as saponinas metabólitos secundários extraídos de caules, raízes, folhas ou sementes são tensoativos não iônicos com propriedades de emulsificação, detergência e formação de espuma, amplamente utilizados nas indústrias cosmética e farmacêutica (Rai *et al.,* 2021; Liu *et al.,* 2017). Já os biossurfactantes microbianos dividem-se em dois grupos principais: os de baixo peso molecular, como os ramnolipídios, produzidos por *Pseudomonas aeruginosa*, e os sofrolipídios, sintetizados por *Candida bombicola*, que se destacam na redução da tensão superficial e interfacial; e os de alto peso molecular, como

as emulsanas, ideais para formar emulsões estáveis (Desai; Banat, 1997, *apud* Klimek-Szczykutowicz *et al.,* 2024).

O fungo *Mucor racemosus* UCP0022, por exemplo, tem demonstrado grande potencial na produção de biossurfactantes a partir de substratos renováveis, apresentando aplicações promissoras em setores industriais e ambientais (Reis *et al.,* 2024).

Biossurfactantes como uma Alternativa aos Surfactantes Sintéticos

Essas biomoléculas apresentam vantagens significativas em relação aos surfactantes sintéticos, incluindo diversidade estrutural, alta biodegradabilidade, baixa toxicidade, aceitabilidade ecológica e estabilidade em condições extremas de pH, temperatura e salinidade, menor CMC (concentração crítica micelar), produção a partir de matérias-primas renováveis, resíduos e subprodutos industriais (Sanches *et al.,* 2021; Santos *et al.,* 2016). Essas propriedades os tornam ideais para aplicações em biorremediação de solos e águas contaminados por hidrocarbonetos, bem como em indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêutica, onde a demanda por produtos ecológicos têm crescido. Além disso, a conscientização crescente dos consumidores por ingredientes renováveis reforça a adoção de biossurfactantes em formulações sustentáveis.

Microrganismos Produtores de Biossurfactantes

Diversos microrganismos apresentam capacidade de produzir biossurfactante destacando-se fungos, leveduras e bactérias pelos seus potenciais biotecnológicos, versatilidade metabólica e capacidade de utilizar substratos renováveis. Estudos recentes reforçam o papel promissor de espécies fúngicas na produção de compostos de interesse industrial.

Substratos Renováveis na Produção de Biossurfactantes

A escolha do substrato é um fator determinante para o sucesso da produção de biossurfactantes. Substratos renováveis, como óleos vegetais residuais, glicerol, melaço, cascas de frutas, soro de leite e farelos vegetais, têm demonstrado resultados positivos, promovendo a valorização de resíduos e a redução de custos de produção (Sarubbo *et al.,* 2022).

Esses materiais, ricos em carbono e nutrientes, favorecem o crescimento microbiano e a biossíntese de tensoativos naturais. O reaproveitamento de substratos de origem agrícola e agroindustrial contribui diretamente para a bioeconomia circular, transformando passivos ambientais em insumos produtivos, alinhando-se às metas dos ODS e às políticas globais de sustentabilidade.

Contexto Ambiental e Sustentabilidade

O descarte inadequado de surfactantes sintéticos representa uma ameaça significativa aos ecossistemas aquáticos e terrestres. Tais compostos possuem moléculas de difícil degradação por microrganismos e podem apresentar toxicidade aos recursos hídricos, resultando em impactos ambientais e toxicológicos.

Dessa forma, os biossurfactantes ganham destaque por apresentarem alta biodegradabilidade e baixa toxicidade, tornando-se uma alternativa segura e eficiente (Fakruddin, 2012; Santos *et al.,* 2016, *apud* Bouassida *et al.,* 2017). A substituição desses compostos petroquímicos por biossurfactantes de origem renovável representa um avanço no manejo ambiental, promovendo sustentabilidade e segurança ecotoxicológica.

Conscientização e Segurança dos Consumidores

Além das vantagens ambientais, a crescente preocupação dos consumidores com ingredientes naturais e seguros tem impulsionado o uso de biossurfactantes em formulações cosméticas, farmacêuticas e alimentícias. Matérias-primas de origem petroquímica podem causar irritações e alergias cutâneas, devido às suas propriedades físico-químicas, concentração ou permanência na epiderme (Seweryn, 2018, *apud* Abruzzo *et al.,* 2021).

Nesse sentido, o uso de biossurfactantes aumenta o caráter ecológico dos produtos e atende à demanda por ingredientes renováveis e biodegradáveis, em consonância com um consumo mais consciente (Grabenhofer, 2023). Esse comportamento reforça o ciclo sustentável de produção e consumo responsável.

METODOLOGIA

Microrganismo

Foi utilizado o microrganismo *Mucor racemosus* UCP 0022, proveniente do Banco de Culturas da UCP (Universidade Católica de Pernambuco), registrado sob o número 927, na World Federation for Culture Collections (WFCC), apresentado na (Figura 1).

Figura 1 - Mucor racemosus UCP 0022.

Fonte: autoria própria, 2025.

Substratos de Produção

Foi utilizado nos meios de produção, substratos como óleo residual de soja, gentilmente cedido por restaurantes locais da cidade do Recife (Pernambuco, Brasil), Milhocina, subproduto agroindustrial proveniente do processamento do milho gentilmente cedida pela Corn Products do Brasil, Cabo de Santo Agostinho-PE e substrato convencional como glicose.

Preparação do inóculo

O Mucor racemosus UCP 0022 foi cultivado em meio ágar Sabouraud dextrose e incubado a 28°C por 96h. Em seguida, foi realizada uma suspensão de esporos (10^7 esporos/ml) com água destilada esterilizada utilizada como inóculo.

Planejamento fatorial completo

Após a triagem das fontes de carbono, o microrganismo foi cultivado em diferentes concentrações de glicose e óleo residual determinadas por planejamento fatorial completo 2^2, para investigar os efeitos das fontes de carbono como variável independente, bem como as interações entre elas, na tensão superficial como variável resposta. A milhocina foi adicionada como fonte de nitrogênio na concentração estabelecida de 2%. A Tabela 1 apresenta os níveis estudados e a matriz decodificada do planejamento fatorial completo, composto por 8 ensaios com 4 repetições no ponto central.

Tabela 1 - Variáveis estudadas em planejamento fatorial completo 2^2.

Variáveis	Níveis		
	Baixo (-1)	Central (0)	Alto (+1)
Glicose (g)	1,5	1	0,5
Óleo residual (mL)	7,5	5	2,5

Fonte: autoria própria, 2024.

Seleção de substratos para a produção de biossurfactante

Foram testadas três fontes diferentes de carbono (glicerol bruto, óleo residual e glicose), de acordo com a tabela 1. A produção foi realizada em frascos Erlenmeyers contendo 100 mL de basal com a seguinte composição: NaNO3 (5,0 g/L), K2HPO4 (5,0 g/L), KH2PO4 (3,0 g/L), MgSO4.7H2O (0,5 g/L), KCl (0,5 g/L), NaCl (0,5 g/L) e CaCl2 (0,2 g/L). Foram adicionadas fontes de carbono ao meio mineral salino. Os meios foram ajustados para pH 5,5 e esterilizados em autoclave por 15 min a 121°C. Em seguida, 10% (v/v) da suspensão de esporos foram inoculados em 6 frascos de Erlenmeyer-250mL contendo o meio de produção e incubados em agitador orbital a 150 rpm e 28 °C por 96 h. Após a fermentação, as culturas foram submetidas à filtração e posterior centrifugação (10.000 g por 15 min) e os líquidos metabólicos livres de células foram utilizados para a determinação da tensão superficial.

Análise da Tensão Superficial

A determinação da tensão superficial foi realizada por meio de um tensiômetro Sigma 70 seguindo o procedimento descrito por Du-Noy's (Kuyukina *et al.,* 2001). Durante todas as medições, a água destilada foi empregada como referência padrão.

Análise do Índice de Emulsificação

O índice de emulsificação foi determinado conforme o método descrito por Iqbal *et al.,*(1995) O índice de emulsificação (IE24) foi quantificado em tubos de ensaio contendo 2 mL do líquido metabólico livre de células e 2 mL de óleos, agitados em agitador vortex por 2 minutos. Após 24 horas, o IE24 foi calculado utilizando a equação: IE24 (%) = (x / y) × 100, onde x e y representam a altura da camada emulsificada (mm) e a altura total (mm), respectivamente.

Estabilidade térmica, de NaCl e de Ph

A estabilidade do biossurfactante produzido foi avaliada pela determinação da tensão superficial utilizando o líquido metabólico livre de células que foi submetido a diferentes concentrações de NaCl (2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%), pH (2, 4, 6, 8 e 10) e temperatura (28°C, 50°C e 80°C) segundo Ghojavand *et al.,*2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que dois ensaios apresentaram valores semelhantes de redução da tensão superficial: o ponto central (Ensaio 5), com 30,4 mN/m, e o Ensaio 1, com 30,8 mN/m (Tabela 2). A avaliação do índice de emulsificação (E_{24}) revelou variações entre 6 % e 42,85 % (Tabela 3), caracterizando baixa capacidade emulsificante. O biossurfactante obtido na condição 5 apresentou estabilidade em pH neutro e alcalino, sob diferentes temperaturas (28 °C, 50 °C e 80 °C) e concentrações de NaCl (2–12 %) (Figura 2).

Tabela 2 - Planejamento fatorial completo 2^2.

Ensaios	Glicose (g)	Milhocina (mL)	Óleo residual (mL)	Tensão superficial (mN/m)	
1	2	2	2,5	30,9	
2	-	2	2,5	33,1	
3	2	2	7,5	31,6	
4	-	2	7,5	32,1	
5	1	2	5	30,0	
6	1	2	5	30,9	
7	1	2	5	30,4	
8	1	2	5	30,4	

Fonte: autoria própria, 2024.

Tabela 3 - Índice de Emulsificação (E24) nos ensaios.

Substrato hidrofóbico	Ensaio 1 (IE %)			Ensaio 5 (IE %)		
	Tempo (h)			Tempo (h)		
	48	72	144	48	72	144
Óleo de Milho	25,8	20	21,6	25,7	22,2	26,4
Óleo pós-fritura	25	18,7	25,0	20,6	30,6	26,7
Óleo de Soja	28,5	28,6	25,7	28,8	24,2	26,3
Óleo de Motor	18,9	20	28,7	28,5	6,0	38,9
Óleo de Motor queimado	42,8	42,8	39,39	36,4	38,9	38,9

Fonte: autoria própria, 2025.

Figura 2 - Estudos de estabilidade do líquido metabólico livres de células.

Fonte: autoria própria, 2025.

Nos cultivos complementares, observou-se redução da tensão superficial da água (72 mN/m) para 29,8 mN/m e 30,8 mN/m nos Ensaios 5 e 1, respectivamente, após 144 h (Tabela 4). A cepa *Mucor racemosus* UCP0022 manteve desempenho estável ao longo do tempo, evidenciando capacidade contínua de síntese de biossurfactantes a partir de substratos de baixo custo, como milhocina e óleo residual de soja.

Tabela 4 - Valores de tensão superficial obtidos por *M. racemosus* UCP0022, após o planejamento fatorial em diferentes tempos.

Tempo (h)	Tensão Superficial Ensaio 1 (mN/m)	Tensão Superficial Ensaio 5 (mN/m)
48	41.5	35.2
72	47.8	45.0
144	30.7	29.8

Fonte: autoria própria, 2025.

Esses resultados são consistentes com os obtidos por Bione (2019), que produziu biossurfactante utilizando o fungo *Syncephalastrum racemosum* UCP 1302 com os mesmos substratos (milhocina, óleo de soja residual e manipueira), alcançando redução da tensão superficial de 72 para 30,9 mN/m e índice de emulsificação de até 97,58 %, confirmando que resíduos agroindustriais são fontes viáveis para a obtenção de biossurfactantes com propriedades estáveis e sustentáveis.

Além disso, estudos recentes reforçam o potencial biotecnológico dos fungos na conversão de resíduos. Maciel *et al.* (2025) relataram a produção de enzimas lignolíticas e biossurfactantes por *Curvularia lunata* URM 6179 em substratos hidrofóbicos, enquanto Nascimento *et al.* (2024) destacaram avanços nas tecnologias emergentes voltadas à produção de biossurfactantes por leveduras, com ênfase na otimização de processos e no uso de matérias-primas renováveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos demonstraram que o *Mucor racemosus* UCP0022 foi capaz de produzir biossurfactante a partir de substratos renováveis, como milhocina e óleo residual de soja. O composto obtido apresentou capacidade de redução da tensão superficial e estabilidade frente a variações de temperatura, salinidade e pH, características que reforçam seu potencial de aplicação industrial e ambiental.

A utilização de resíduos agroindustriais como fontes de carbono e nitrogênio comprovou ser uma estratégia viável para reduzir custos de produção e promover o aproveitamento sustentável de subprodutos, contribuindo para a economia circular. Os resultados obtidos confirmam que *M. racemosus* UCP0022 possui potencial biotecnológico relevante, alinhando-se às tendências atuais de substituição de surfactantes sintéticos por alternativas ecológicas.

Dessa forma, o biossurfactante produzido se destaca como um bioproduto promissor para aplicações em setores diversos, como limpeza, cosméticos e biorremediação, além de representar um avanço significativo na valorização de resíduos e no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 9, 12, 13 e 14).

REFERÊNCIAS

BIKTASHEVA, L. *et al.* **Screening of microorganisms from wastes and identification of the optimal substrate for biosurfactant production**. Microbiology Research, v. 15, p. 152-163, 2024.

BIONE, Ana Paula Melo *et al.* Produção de biossurfactante por syncephalastrum racemosum UCP 1302 utilizando substratos agroindustriais e monitoramento computadorizado da temperatura. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 148, p. 3-7, 3 ago. 2010.

BRUMANO, L.P.; SOLER, M.F.; DA SILVA, S.S. **Recent advances in sustainable production and application of biosurfactants in Brazil and Latin America**. Industrial Biotechnology. v. 12, n. 1, p. 31-39, 2016.

DO NASCIMENTO, Pollyana Pereira *et al.* Tecnologias Emergentes Na Produção

Sustentável De Biossurfactantes Por Leveduras. Journal of Media Critiques, v. 10, n. 26, p. e61-e61, 2024.

FERNANDES, N. A. T.; SIMÕES, L. A.; DIAS, D. R. **Comparação da biodegradabilidade e do efeito de toxicidade de biossurfactantes com surfactantes sintéticos**. In: ASLAM, R.; MOBIN, M.; ASLAM, J.; ZEHRA, S. (Eds.). Advancements in Biosurfactants Research. Cham: Springer, 2023.

Iqbal S, Khalid ZM, Malik KA. **Enhanced biodegradation and emulsification of crude oil and hyperproduction of biosurfactants by a gamma ray-induced mutant of Pseudomonas aeruginosa**. Lett Appl Microbiol. 1995 Sep; 21(3): 176-179.

Kaza, Silpa; Yao, Lisa; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. (2018). **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648-1329-0

KLIMEKSZCZYKUTOWICZ, Marta; BŁOŃSKASIKORA, Ewelina Maria; KULIKSIAREK, Katarzyna; ZHUSSUPOVA, Aizhan; WRZOSEK, Małgorzata. **Bioferments and biosurfactants as new products with potential use in the cosmetic industry.** Applied Sciences, Basel, v. 14, n. 9, p. 3902, maio 2024. DOI: 68 69 10.3390/app14093902. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app14093902. Acesso em: 19 out. 2025.

MACIEL, Carla do Couto Soares *et al.* Potencial biotecnológico de Curvularia lunata URM 6179: caracterização de enzimas lignolíticas a partir de óleo diesel como substrato. Caderno Pedagógico, v. 22, n. 11, p. e19871-e19871, 2025.

NAÇÕES UNIDAS (UN Brasil). *Objetivo 12: Consumo e Produção Responsáveis.* Brasília: UN Brasil, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12. Acesso em: 29 out. 2025.

NASCIMENTO, F. A. A.; FILHO, J. L. O. P. **Os Impactos Ambientais Dos Resíduos Sólidos Urbanos.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.18 n.38; p. 217, 2021. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D35.

NITSCHKE, Marcia; PASTORE, Gláucia Maria. **Biossurfactantes: propriedades e aplicações**. Química nova, v. 25, p. 772-776, 2002. Disponível em: SciELO Brasil - Biossurfactantes: propriedades e aplicações Biossurfactantes: propriedades e aplicações Acesso em: 25 out. 2025.

REIS, A. V. N. da S. *et al.* Influência de substratos renováveis na produção de biossurfactante por *Mucor racemosus* UCP0022. In: **Congresso Internacional Em Saúde E Desenvolvimento Socioambiental**, 1., 2024, Garanhuns. *Anais...* Garanhuns: UPE, 2024. p. 1–5. DOI: 10.29327/i-congresso-internacional-saude-desenvolvimento-socioambiental.1013241. Acesso em: 20 out. 2025.

SANCHES, M. A. *et al.* **Production of biosurfactants by ascomycetes**. International Journal of Microbiology, v. 2021, p. 6669263, 2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Bolsa do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Processo nº 148868/2024-0 de A.R. e Processo nº ... G.M.C.T, a Universidade Católica de Pernambuco pela disponibilização dos laboratoriais do CEMACBIOS-UNICAP pelo incentivo à pesquisa.

Os autores agradecem a Bolsa da FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco) Processo nº BIC-1883-9.26/23 e ao CNPq pela concessão de bolsa para Ana Vitória do Nascimento da Silva Reis e a Galba Maria de Campos Takaki (Processo Nº 312241/2022-4).