



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

Isabela Natália da Silva Ferreira

**Uso de óleo pós-fritura para produção econômica de
bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis*
UCP 0039 isolado de solo da Caatinga (PE, Brasil)**

Recife

2019

Isabela Natália da Silva Ferreira

Uso de óleo pós-fritura para produção econômica de bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis* UCP 0039 isolado de solo da Caatinga (PE, Brasil)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais Universidade Católica de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em **Desenvolvimento de Processos Ambientais**.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Rosileide Fontenele da Silva Andrade

Co-orientadora: Profa. Dra. Galba Maria de Campos-Takaki

Recife

2019

Ferreira, I. N. S.

Uso de óleo pós-fritura para produção econômica de bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis* UCP 0039 isolado de solo da Caatinga (PE, Brasil), 2019, 92.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2019.

1. Biossurfactante. 2. Caracterização. 3. Estabilidade. Programa de Pós-Graduação.

Uso de óleo pós-fritura para produção econômica de bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis* UCP 0039 isolado de solo da Caatinga (PE, Brasil)

ISABELA NATÁLIA DA SILVA FERREIRA

Examinadores:

Profa Dra Rosileide Fontenele da Silva Andrade
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP

Prof Dr Valdemir Alexandre dos Santos
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP

Profa Dra Hélvia Walewska Casullo de Araújo
Universidade Estadual da Paraíba– UEPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me deu forças para enfrentar todas as dificuldades, me orientando e guiando por caminhos de luz.

À minha mãe Sarah Andréa da Silva, pelo apoio incondicional ao meu desenvolvimento profissional. Ao meu pai pelo carinho e palavras de conforto.

Aos meus filhos, Iasmin Sarah e João Vitor, por serem a motivação maior pela minha luta diária em busca do meu sucesso profissional para que no futuro eu possa ser exemplo de que a busca pelo conhecimento deve ser encorajada.

Aos meus tios pela credibilidade e incentivo na minha educação. Em especial à minha tia Silvonete Maria da Silva (Silvinha) pelo carinho, apoio e atenção dedicados ao longo de toda minha vida.

Ao meu companheiro Arlam Tadeu, pelo apoio e credibilidade.

Aos meus familiares em geral pela credibilidade e apoio sempre.

À minha orientadora Profa Dra Rosileide Fontenele, pela paciência, dedicação e apoio dedicados ao longo desse trabalho.

À minha co-orientadora Profa Dra Galba Maria Campos Takaki, pela confiança na execução desse trabalho e pela oportunidade de seguir em frente com todos os percausos oriundos da vida adulta. Meu sincero agradecimento por acreditar em mim quando muitos já não o faziam.

À Dra Dayanna Montero pela paciência, apoio e carinho dedicados a mim.

À Universidade Católica de Pernambuco pelo conhecimento adquirido através de um corpo docente preparado e competente.

Aos colegas do curso do mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, em especial à Renata Andrea que muito me ajudou nos momentos precisos.

Aos colegas do NPCIAMB – Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais e Biotecnologia, pelo apoio constante, compartilhamento de conhecimento e experiências, fatores fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos funcionários Sônia Maria de Souza, secretária do Núcleo e André Felipe e Severino Humberto de Almeida, técnicos de laboratório, pela disponibilidade em todos os momentos precisos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para execução desse trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
Capítulo I	xiv
1.1 Introdução	15
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 Revisão da Literatura	18
1.3.1 Tensoativos e emulsificantes	18
1.3.1.1 Classificação dos tensoativos	19
1.3.2 Biotensoativos/ Biosurfactantes	20
1.3.2.1 Classificação dos biotensoativos	20
1.3.3 Bioemulsificantes	22
1.3.4 Métodos para detecção da produção de biotensoativos e bioemulsificantes	23
1.3.5 Principais propriedades dos biotensoativos e bioemulsificantes	26
1.3.6 Principais vantagens da produção de biotensoativos e bioemulsificantes	27
1.3.7 Mercado mundial de Biotensoativos	33
1.3.8 Aplicações dos biotensoativos e bioemulsificantes	34
1.3.9 Ordem mucolares Dumont	37
1.3.9.1 Gênero Mucor Fresen.	38

Referências	40
Capítulo II	52
Arigo 1: Avaliação de bioemulsificante e biotensoativo produzidos por <i>Mucor hiemalis</i> UCP 0039: estudo da Caracterização e Estabilidade	53
CAPÍTULO III	73
Conclusões Gerais	74
ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1 - Tipos de emulsão existentes: água/óleo e óleo/água 18
- Figura 2 - Molécula tensoativa apresentando sua parte polar e apolar 19
- Figura 3 - Classificação do grupo hidrofílico dos tensoativos. A) é o grupo catiônico; B) aniônico; C) anfótero e D) não-iônico 19
- Figura 4 - Representação esquemática. A – Gota de água em uma superfície hidrofóbica. B – Gota de água em uma superfície hidrofóbica, contendo moléculas de surfactante. A redução da tensão superficial na gota de água, após a adição do tensoativo, aumentou a área de contato da água com a superfície hidrofóbica. 24
- Figura 5 - representação da diferença de energia entre dois líquidos imiscíveis - tensão interfacial 24
- Figura 6 - Mecanismo de formação de micelas 26

Capítulo II

- Figura 1 - Detecção do potencial de *Mucor hiemalis* UCP 0039 na produção de biossurfactante por atividade hemolítica: (A) Hemólise após 24h e (B) hemólise após 96h 61
- Figura 2 - Imagem microscópica (aumento de 40x) das gotículas da emulsão formada pelo biotensoativo (A) e pelo bioemulsificante (B) de *M. hiemalis* 65

Figura 3- Identificação dos grupos funcionais do biotensoativo e bioemulsificante de <i>M. hiemalis</i> analisados por espectrometria ao raio infravermelho	66
Figura 4 – Estabilidade térmica, iônica e do pH avaliados pela ação dispersante do biotensoativo produzido por <i>Mucor hiemalis</i> UCP 0039	67
Figura 5 – Estabilidade térmica, iônica e do pH avaliados pelo índice de emulsificação do bioemulsificante produzido por <i>Mucor hiemalis</i> UCP 0039	68
Figura 6 - Representação gráfica da influência do biotensoativo e do bioemulsificante de <i>Mucor hiemalis</i> na viscosidade compostos hidrofóbicos	69

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 - diferentes substratos de baixo custo explorados recentemente para produção de biotensoativos e bioemulsificantes	30
---	----

Capítulo II

Tabela 1- Parâmetros para investigar a produção de biotensoativo e bioemulsificante por <i>Mucor hiemalis</i>	58
---	----

Tabela 2- Produção de biotensoativo e bioemulsificante por <i>Mucor hiemalis</i>	63
--	----

Tabela 3 – Tensões superficiais (TS) e Índice de emulsificação (IE) dos biotensoativos produzidos utilizando óleo de soja pós- fritura como fonte de carbono descritas na literatura em comparação com o presente estudo	64
--	----

Resumo

Tensoativos/surfactantes são compostos anfílicos que possuem como principal característica a capacidade de redução da tensão superficial. Os emulsificantes, não necessariamente reduzem a tensão superficial, entretanto são excelentes na capacidade de formar emulsões estáveis entre líquidos imiscíveis pela dispersão das gotículas de um líquido em outro impedido-as de coalescer. Neste contexto, o presente estudo produziu biotensoativo e bioemulsificante por *Mucor hiemalis* UCP 0039, em meio contendo óleo de soja pós-fritura como fonte renovável. Para tanto, *M. hiemalis* foi cultivado em meio contendo 1% de glutamato de sódio e 5% de óleo de soja pós-fritura sob condição de agitação e em condição estática. As características físico-química dos bioprodutos foram determinadas pela tensão superficial, índice de emulsificação, ação dispersante e efeito da viscosidade em óleos. Enquanto a caracterização do biotensoativo e do bioemulsificante foi realizada pela determinação da carga iônica, identificação dos grupos funcionais e a composição bioquímica em proteínas, carboidratos e lipídeos. Modificações do pH, temperatura e salinidade nos líquidos metabólicos foram realizadas e em seguida, avaliada a ação dispersante e potencial de emulsificação para identificar sua estabilidade. Os resultados demonstram que biotensoativo de *M. hiemalis* foi capaz de reduzir a tensão superficial de 72 mN/m para 32 mN/m, apresentou índice de emulsificação de 96% e ação dispersante de 50 cm² ADO, caracter catiônico, além de ter demonstrado habilidade em reduzir a viscosidade de composto hidrofóbico como o óleo queimado de motor de 83 cP para 55 cP. Por outro lado, o bioemulsificante reduziu a tensão superficial para 40 mN/m, atingiu índice de emulsificação de 98%, possui caráter aniônico, propiciou estabilidade das emulsões após modificação na temperatura, demonstrou baixa ação dispersante (19 cm² ADO) e aumentou a viscosidade dos compostos hidrofóbicos testados. Adicionalmente, o biotensoativo e o bioemulsificante de *M. hiemalis* possuem composição glicolipídica. Devido ao referido potencial do bioemulsificante e biotensoativo produzidos, é possível indicar o *Mucor hiemalis* como um eficiente micro-organismo capaz de metabolizar e bioconverter o óleo de soja pós-fritura em bioprodutos que podem ser utilizados na formulação de produtos industriais de uso diário em um processo produtivo que atende aos requisitos básicos da sustentabilidade.

Palavras-chave: Biotensoativo. Óleo residual de fritura. Tensão superficial. Emulsificação.

Abstract

Surfactants / surfactants are amphiphilic compounds that have as their main feature the ability to reduce surface tension. Emulsifiers do not necessarily reduce surface tension, however they are excellent in their ability to form stable emulsions between immiscible liquids by dispersing the droplets of one liquid into another and preventing them from coalesce. In this context, the present study produced biotensive and bioemulsifier by *Mucor hiemalis* UCP 0039 in medium containing post-frying soybean oil as a renewable source. To this end, *M. hiemalis* was grown in medium containing 1% sodium glutamate and 5% post-frying soybean oil under stirring and static conditions. The physical and chemical characteristics of the bioproducts were determined by surface tension, emulsification index, dispersing action and viscosity effect in oils. While the characterization of biotensive and bioemulsifier was performed by ionic charge determination, identification of functional groups and biochemical composition in proteins, carbohydrates and lipids. Modifications of pH, temperature and salinity in metabolic liquids were performed and then the dispersing action and emulsification potential were evaluated to identify their stability. The results show that *M. hiemalis* biotensive agent was able to reduce the surface tension from 72 mN / m to 32 mN / m, showed 96% emulsification index and 50 cm² ADO dispersion action, cationic character, and demonstrated ability in reducing the viscosity of hydrophobic compound such as burnt engine oil from 83 cP to 55 cP. On the other hand, the bioemulsifier reduced the surface tension to 40 mN / m, reached an emulsification index of 98%, has an anionic character, provided emulsion stability after temperature change, showed low dispersing action (19 cm² ADO) and increased viscosity. of the hydrophobic compounds tested. Additionally, the *M. hiemalis* biotensive agent and bioemulsifier have glycolipid composition. Due to the mentioned potential of the bioemulsifier and biotensive agent produced, it is possible to indicate *Mucor hiemalis* as an efficient microorganism capable of metabolizing and bioconverting post-frying soybean oil into bioproducts that can be used in the formulation of everyday industrial products. production process that meets the basic requirements of sustainability.

Keywords: Biosurfactant. Superficial tension. Frying waste oil. Emulsification.

Capítulo I

1.1 INTRODUÇÃO

Os biossurfactantes/biotensoativos são conhecidos como biocompostos de atividade superficial compreendendo uma porção hidrofílica (mostrando afinidade para materiais polares) e uma porção hidrofóbica (possuindo afinidade para materiais não polares) (AKBARI et al., 2019). As habilidades dos biossurfactantes para reduzir a tensão superficial e interfacial definem suas diferentes propriedades físico-químicas, tais como capacidade emulsificante, agentes de mobilização e solubilização, detergência, formação de espuma, capacidade de umedecimento e dispersão de fase (SHAFIEI et al., 2014; PELE et al., 2019).

Semelhante aos biotensoativos, os bioemulsificantes podem eficientemente emulsionar dois líquidos imiscíveis, como hidrocarbonetos ou outros substratos hidrofóbicos, mesmo em baixas concentrações, entretanto são menos eficazes na redução da tensão superficial, portanto, pode-se afirmar que eles possuem apenas atividade emulsificante e não atividade superficial. Os bioemulsificantes também estão envolvidos na solubilização de substratos pouco solúveis, aumentando assim o seu acesso e disponibilidade para biodegradação (UZOIGWE et al., 2015). No entanto, em um ambiente poluído por óleo, essas moléculas desempenham um papel específico de se ligarem fortemente a hidrocarbonetos dispersos e óleos, impedindo-os de se fundirem. Este processo é conhecido como estabilização da emulsão e tem sido atribuído ao elevado número de grupos reativos expostos em suas estruturas (UZOIGWE et al., 2015). Os bioemulsificantes são capazes de estabilizar as emulsões aumentando sua estabilidade cinética e essa propriedade aumentou sua utilidade nas indústrias de cosméticos, alimentos, farmacêutica e de petróleo. Estudos apontam que a atividade emulsificante eficiente de bioemulsificantes é uma função de sua composição química (CALVO et al., 2009; MONTEIRO et al., 2010)

Dentre as vantagens dos biotensoativos e bioemulsificantes estão: aceitabilidade ecológica, biocompatibilidade e digestibilidade, bem como eficiência sob condições extremas de pH, temperatura e salinidade, além de sua especificidade funcional e a possibilidade de serem sintetizados a partir de substratos renováveis e menos onerosos (MONTERO-RODRÍGUEZ et al., 2015; ANDRADE; RIBEIRO et al., 2015; PELE et al., 2019). Essas propriedades permitem que os biotensoativos e

bioemulsificantes formem um componente promissor com uma ampla gama de aplicações em muitas indústrias, especialmente para remoção de metais pesados em solo contaminado (TANG et al., 2017), recuperação microbiana de compostos hidrofóbicos (CUI et al., 2017), agente terapêutico em cosméticos e produtos farmacêuticos (BHATTACHARYA et al., 2017)

Os biotensoativos e bioemulsificantes cumprem todas essas condições e mais. Há, portanto, um maior impulso para pesquisas sobre essas biomoléculas devido ao aumento da conscientização ambiental e novas regulamentações (AKBARI et al., 2019; BANAT et al., 2000). Em 2017, o mercado global de biosurfactantes foi superior a US \$ 1,85 bilhão, estima-se que até 2024 a indústria consuma de mais de 540 mil toneladas dessa biomolécula (AHUJA; SIGH 2018).

Pesquisadores em todo o mundo têm direcionado seus estudos aos biosurfactante e bioemulsificantes microbianos desde que foram descobertos (CAMPOS-TAKAKI; SARUBBO; ALBUQUERQUE, 2010; COOPER; PADDOCK, 1984; MAKKAR; CAMEOTRA, 2002; PELE et al., 2019; RANDHAWA et al., 2014). No entanto, a maioria dos estudos usou a capacidade de bactérias e leveduras para sintetizar essas biomoléculas usando substratos de baixo custo (ANDRADE et al., 2015; ERAQI et al., 2016). O potencial de fungos filamentosos na produção de biotensoativos e bioemulsificantes também foi relatado por algumas investigações (ANDRADE SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2018).

Nesse sentido, é de relevante interesse a produção de biotensoativo e bioemulsificante pelo fungo filamentoso *Mucor hiemalis*, bem como a avaliação das propriedades tensoativas das biomoléculas, visando a geração de produtos eficientes e economicamente viáveis para aplicação industrial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Produzir bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis* UCP 0039, utilizando substrato de baixo custo (óleo pós-fritura) como fonte nutricional, avaliando as características das biomoléculas, a fim de gerar produtos eficientes e economicamente viáveis.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar a ocorrência da produção do bioemulsificante e biotensoativo por *Mucor hiemalis* em meio de composição conhecida e em meio modificado contendo óleo de soja pós-fritura;
- Avaliar o potencial emulsificante e surfactante das biomoléculas produzidas;
- Realizar o isolamento e a caracterização físico-química do bioemulsificante e biotensoativo produzidos;
- Avaliar a estabilidade do bioemulsificante e biotensoativo de *M. hiemalis* utilizando diferentes níveis de pH, salinidade e temperatura;
- Realizar validação dos resultados obtidos.

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

1.3.1. Tensoativos e emulsificantes

Tensoativos/Surfactantes são compostos solúveis que reduzem a tensão superficial de líquidos e a tensão interfacial entre dois líquidos ou um líquido e um sólido, enquanto um emulsificante não necessariamente diminui a tensão superficial ou interfacial, entretanto auxilia na dispersão de gotículas de um líquido imiscível dentro de outro e as impede de coalescer (SHETE et al., 2006; UZOIGWE et al., 2015).

Os emulsificantes possuem propriedades lipofílicas e hidrofílicas duplas. Por outro lado, as emulsões são óleo-em-água (O / A) ou água-em-óleo (A / O). Em emulsões de óleo, pequenas gotas de óleo formam a fase dispersa e discreta em água, enquanto que em emulsões de água são distribuídas como pequenas gotículas de água no óleo (Figura 1).

Figura 1 –Tipos de emulsão existentes: água/óleo e óleo/água



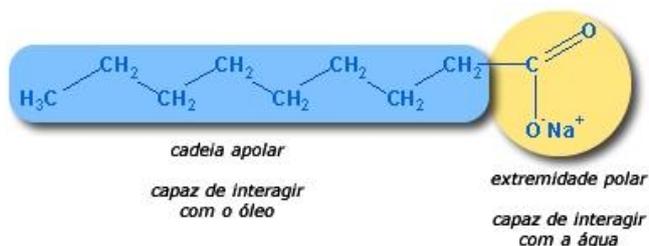
*ME = micro-emulsão

Fonte: <https://www.crodacropcare.com/pt-br/products-and-applications/microemulsion>

O surfactante, também conhecido como tensoativo, possui em sua estrutura uma região apolar ligada a região polar dispostas na mesma molécula, conforme ilustrado na Figura 2 (LAMICHHANE; KRISHNA; SARUKKALIGE, 2017, FENG et al., 2019). O grupo apolar é frequentemente um hidrocarboneto de cadeia longa,

fluorocarboneto, uma cadeia de siloxano, ou uma cadeia de polímero curto enquanto enquanto a porção polar, ou cabeça, pode apresentar grupos iônicos (cátions ou ânions), não iônicos ou anfóteros, que se comportam como ácido ou base dependendo do pH do meio (DALTIM, 2011, KAMAL; HUSSEIN; SULTAN, 2017).

Figura 2 - Molécula surfactante apresentando sua parte polar e apolar



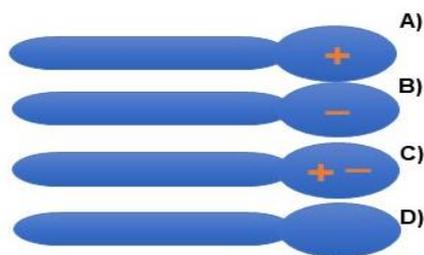
Fonte: <http://www.cemtn.com.br/ciencianavida/?p=185>

1.3.1.1 Classificação dos tensoativos

Nos tensoativos de origem química, a classificação é baseada na natureza do grupo da cabeça hidrofílica podendo ser aniônico, catiônico, anfotérico ou não-iônico (Figura 3) (AZAM et al., 2013).

Os surfactantes não iônicos não possuem carga e os anfóteros têm carga positiva e negativa. Os surfactantes não iônicos não ionizam em solução aquosa, pois o grupo hidrofílico é de natureza não dissociativa. Portanto, sua solubilidade em água é devida à ligação de hidrogênio entre o grupo hidrofílico, tipicamente uma cadeia de óxido de etileno ou um grupo semelhante, e a água, ambas negativamente e positivamente carregadas em surfactantes anfotéricos (KAMAL; HUSSEIN; SULTAN, 2017).

Figura 3 - Classificação do grupo hidrofílico dos surfactantes. Onde A) é o grupo catiônico; B) aniônico; C) anfótero e D) não-iônico



Fonte: O autor (2019)

1.3.2 Biotensoativos/ Biosurfactantes

Os biotensoativos também conhecidos como biosurfactantes são surfactantes naturais que podem ser excretados por alguns micro-organismos (NAUGHTON et al., 2019).

O termo “surfactante microbiano” refere-se exclusivamente a biotensoativos produzidos a partir de culturas microbianas. Estes são frequentemente secretados por fungos e bactérias no meio de cultura principalmente quando cultivados em fontes de carbono hidrofóbicas (HENKEL; HAUSMANN, 2019).

Possuem como particularidade a capacidade de serem naturalmente degradados quando dispostos no meio ambiente e são produzidos a partir de fontes renováveis. O interesse mundial por biotensoativos é justificado pela possível substituição dos surfactantes atualmente comercializados, formulados com derivado de petróleo, por surfactantes naturais (AKBARI et al., 2018). Esses atributos gerais despertam grande interesse nas indústrias e nas pesquisas para obtenção de surfactantes microbianos como produtos para a economia de base biológica globalmente emergente denominada “bioeconomia”.

1.3.2.1 Classificação dos biotensoativos

De acordo com Vijayakumar e Saravanan (2015), os biosurfactantes são categorizados pela origem microbiana e composição química como glicolipídeos, ácidos graxos, fosfolipídeos, poliméricos e particulados.

- **Glicolípídeos**

Os ramnolípídeos, sopololípídios e trealcolípídeos são os glicolípídios mais conhecidos (CHRZANOWSKI; ŁAWNICZAK; CZACZYK, 2012). São uma combinação de α -L-ramnopiranosil- α -L-ramnopiranosil - β -hidroxidecanoil - β -hidroxidecanoato (Rha-Rha-C10-C10) e α -L-ramnopiranosil - α -L-ramnopiranosil- β -hidroxidecanoato (Rha-Rha-C10) bem como os seus congêneres mono-ramnolípídicos (Rha-C10-C10 e Rha-C10) (SANTOS et al., 2016). A maioria dos estudos envolvendo ramnolípídeos se concentra principalmente na avaliação da eficiência da biodegradação de hidrocarbonetos de petróleo (SZULC., et al 2014).

- **Ácidos graxos e fosfolípídeos**

A produção microbiana de ácidos graxos depende da oxidação bioquímica dos alcanos e foi extensivamente revisada por Rehm e Reiff (1981). Embora, em geral, a presença de ácidos graxos contribua para uma redução na tensão superficial e interfacial, os efeitos mais fortes são comumente relatados para comprimentos de cadeia de C12 a C14. Além dos ácidos graxos não ramificados, vários ácidos graxos complexos, como os ácidos corinomicólicos, com propriedades surfactantes comparativamente fortes, foram descritos. Estes ácidos graxos complexos derivados de micro-organismos contêm tipicamente um ou mais grupos hidroxila ou resíduos de alquil (HENKEL; HAUSMANN, 2019).

- **Biossurfactantes poliméricos**

O emulsan, lipomanan, alasan, liposan e outros complexos de proteínas polissacarídicas são exemplos de biossurfactantes poliméricos, e os mais bem estudados (HENKEL; HAUSMANN, 2019). Liposan é solúvel em água extracelular sintetizado por *C. lipolytica* e possui em sua constituição 83% de carboidratos e 17% de proteínas. Chakrabarti (2012) discutiu a aplicação do liposan como emulsionante nas indústrias de alimentos e cosméticos.

- **Biossurfactantes particulados**

Os biossurfactantes particulados são os responsáveis pela formação de vesículas (microemulsões) da membrana extracelular e desempenham um papel

importante na captação de hidrocarbonetos (alcano) pelas células (HENKEL; HAUSMANN, 2019; MAHANTI; KUMAR; PATRA, 2017). No ano de 1979 e 2012, respectivamente, Kaeppli e Finnerty e Chakarbarati relataram vesículas com diâmetro de 20-30 nm com 1.158 g/cm³ de densidade flutuante produzidos por espécies de *Acinetobacter* HO1-N (MAHANTI; KUMAR; PATRA, 2017).

1.3.3 Bioemulsificantes

Os bioemulsificantes têm maior peso molecular do que os biotensoativos, pois são misturas complexas de heteropolissacarídeos, lipopolissacarídeos, lipoproteínas e proteínas (PERFUMO et al., 2009; SMYTH et al., 2010a; SEKHON-RANDHAWA, 2014). Eles também são conhecidos como biopolímeros de alto peso molecular ou exopolissacarídeos. Semelhante a biotensoativos, estas moléculas podem eficientemente emulsionar dois líquidos imiscíveis, tais como hidrocarbonetos ou outros substratos hidrofóbicos, mesmo em baixas concentrações, mas em contraste são menos eficazes na redução da tensão superficial. Portanto, pode-se dizer que eles possuem apenas atividade emulsificante e não atividade superficial (UZOIGWE et al., 2015). Eles também estão envolvidos na solubilização de substratos pouco solúveis, aumentando assim o seu acesso e disponibilidade para biodegradação. No entanto, em um ambiente poluído por óleo, essas moléculas desempenham um papel específico de se ligarem fortemente a hidrocarbonetos dispersos e óleos, impedindo-os de se fundirem. Este processo é conhecido como estabilização da emulsão e tem sido atribuído ao elevado número de grupos reativos expostos em suas estruturas (UZOIGWE et al., 2015).

Os bioemulsionantes são capazes de estabilizar as emulsões aumentando sua estabilidade cinética e essa propriedade aumentou sua utilidade nas indústrias de cosméticos, alimentos, farmacêutica e de petróleo. Relatos mostraram que a atividade emulsificante eficiente de bioemulsificantes é uma função de sua composição química (CALVO et al., 2009; MONTEIRO et al., 2010).

1.3.4 Métodos para detecção da produção biotensoativos e bioemulsificantes

Os biotensoativos podem ser detectados a partir de diferentes métodos, como por exemplo, a atividade hemolítica, dispersão de óleo, colapso da gota e índice de emulsificação (YOUSSEF et al., 2004; VARJANI; UPASANI 2019). Entretanto, Satpute et al (2008) afirmam que esses métodos são insuficientes para a identificação e diferenciação de bioemulsificadores de biossurfactantes. Isto deve-se ao fato dos bioemulsificantes serem mais conhecidos pela emulsificação de líquidos sem alterações significativas na tensão superficial / interfacial do seu meio de crescimento ou entre diferentes fases (UZOIGWE et al., 2015). Além disso, relatos experimentais mostraram que as medidas de tensão superficial e os métodos de triagem de índice de emulsificação não se correlacionam (AMARAL et al., 2006; MONTEIRO et al., 2010). Estes métodos resultam frequentemente na eliminação do bioemulsificante, uma vez que não apresentam alterações significativas na tensão superficial / interfacial e podem dar resultados negativos durante os testes de rastreio (ELLAIAH et al., 2002).

Por possuírem a capacidade de adsorverem na interface líquido-líquido, líquido-gás e sólido-líquido, a determinação do potencial de redução da tensão superficial e interfacial pelo biossurfactante é o método que vem sendo mais utilizado nos últimos anos (PLAZA et al., 2009; VARJANI; UPASANI 2019).

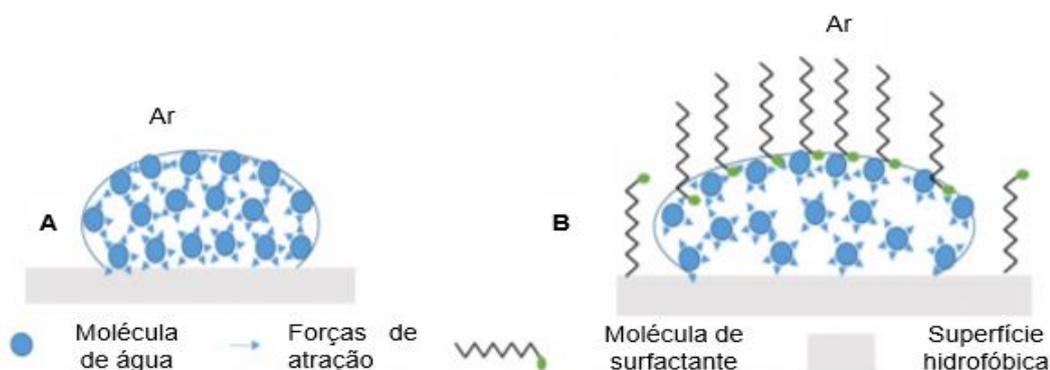
- **Tensão superficial (TS) e tensão interfacial (TI)**

A tensão superficial pode ser reduzida ao adicionar compostos tensoativos capazes de quebrar a força de atração entre as moléculas (Figura 4). Essa força que deve ser rompida é conhecida como tensão superficial (TS). Compostos com forças de atração intermoleculares mais altas (como os compostos polares) apresentam maior tensão superficial (DALVIN, 2011). Por outro lado, a redução da tensão interfacial (TI) é um fenômeno, também a nível molecular, que resulta da diferença de energia entre dois líquidos imiscíveis, de acordo com a ilustração da Figura 5 (BERRY et al., 2015). No momento que ocorre a redução da tensão interfacial ocorre a ruptura da força que liga a gotículas de um líquido a outro de polaridade diferenciada (SANTANA; PERRECHIL; CUNHA 2013). Assim, a tensão interfacial diminui

significativamente à medida que a concentração de um determinado composto, como o surfactante, é adicionado (HUNTER, 2001; ZHU et al., 2019).

É importante ressaltar que a capacidade de reduzir a tensão superficial e interfacial se destaca como o contraste distinto entre biosurfactante e bioemulsificantes. Essas moléculas podem formar emulsões estáveis, mas ainda não está claro por que os bioemulsificantes não mostram mudanças significativas na tensão superficial / interfacial entre as diferentes fases (líquido-ar, líquido-líquido, líquido-sólido). Este excelente contraste entre biosurfactantes e bioemulsificantes é especialmente importante para procedimentos precisos de triagem e identificação de caldos de cultura microbiana (UZOIGWE et al., 2015).

Figura 4 – Ação de uma molécula surfactante na redução da tensão superficial da água A – Gota de água em uma superfície hidrofóbica. B – Gota de água em uma superfície hidrofóbica, contendo moléculas de surfactante. A redução da tensão superficial na gota de água, após a adição do surfactante, aumentou a área de contato da água com a superfície hidrofóbica.



Fonte: OLIVEIRA; DIAS (2016)

Figura 5 - Diferença dois líquidos imiscíveis - tensão interfacial



Fonte: O autor (2019)

As propriedades desejáveis e eficientes dos biossurfactantes incluem a redução da tensão superficial e interfacial (JHA; JOSHI; GEETHA, 2016). Um biossurfactante eficaz possui a habilidade de redução da tensão superficial da água de 72 a 35 mN / m ou uma redução para valores ≥ 20 mN/m (RAHMAN et al., 2019). Já para tensão interfacial contra o n-hexadecano, eficientes biossurfactantes conseguem reduzir de 40 a 1 mN / m (AKBARI et al., 2018). De acordo com Willumsen e Karlson (1997), biomoléculas de superfície ativa são categorizadas em tensoativos e emulsionantes, enquanto os surfactantes desempenham o papel de redução da tensão superficial, emulsificadores estão envolvidos na formação e estabilização de emulsões, além disso os autores consideram valores significativos acima de 50% de emulsificação. No entanto, algumas biomoléculas possuem propriedades surfactantes e emulsionantes que contribuem para suas respectivas funções e amplos usos industriais (UZOIGWE et al., 2015).

Um recente estudo realizado por Zadeh e colaboradores (2018) demonstrou o potencial de *Mucor circinelloides* e comprovou a eficiência do biossurfactante obtido pela identificação da tensão superficial, em que a redução foi de 26mN/m. Resultado similar foi obtido por Santos e colaboradores (2019) que descrevem um novo biossurfactante produzido por *Streptomyces* spp. isolado de líquens da Amazônia

brasileira com valores de tensão superficial de 28 mN/m. Valores significativos de tensão superficial e interfacial foram obtidos por Singh, Singh e Rathore (2019) após um estudo com duas linhagens bacterianas isoladas de lodo têxtil resultando em 33 e 30 mN/m, respectivamente, para tensão superficial e 2,8mN/m e 1,5mN/m, respectivamente, para tensão interfacial.

1.3.5 Principais propriedades dos biotensoativos e bioemulsificantes

- **Capacidade emulsificante**

A emulsificação pode ser reconhecida entre as propriedades funcionais mais promissoras dos biotensoativos e bioemulsificantes, e corresponde a uma dispersão de um líquido em outro (como gotas microscópicas) levando à mistura de dois líquidos imiscíveis (MNIF; ELLOUZ-CHAABOUNI; GHRIBI, 2018). De acordo com Satpute e colaboradores (2010), os surfactantes podem agir tanto na redução da tensão superficial, como apresentar capacidade de emulsificação. Em geral, os biossurfactantes de massa molecular elevada são melhores emulsificantes do que os biossurfactantes de massa molecular baixa (SATPUTE et al., 2010). No entanto, em relação às revisões e estudos da literatura, os biossurfactantes de baixo peso molecular foram amplamente descritos como eficientes agentes bio-emulsionantes de hidrocarbonetos (MNIF; ELLOUZ-CHAABOUNI; GHRIBI, 2018).

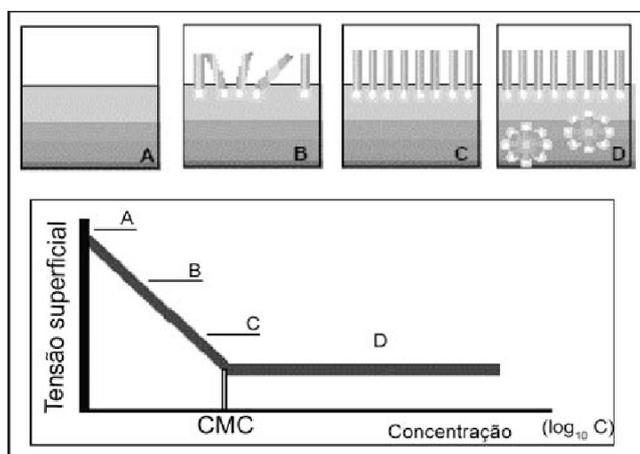
Além disso, biossurfactantes mostraram grande capacidade de emulsionar hidrocarbonetos em comparação aos emulsificantes sintéticos. De fato, a atividade de emulsificação do trealtetraester puro produzido por *Rhodococcus wratislaviensis*, demonstrada por vários hidrocarbonetos testados, mostrou maior atividade do que os surfactantes químicos (TULEVA et al., 2008). Da mesma forma, um glicolípido derivado de *Halomonas* sp. O MB-30 apresentou uma ótima emulsificação de óleo cru e querosene de aproximadamente 93,1 e 86,6%, respectivamente, com estabilidade de até um mês (DHASAYAN; KIRAN; SELVIN 2014). Além disso, os biossurfactantes alquil-O-glucosídeo e celobiosídeo foram relatados como bons emulsificadores (CERÓN-CAMACHO et al., 2013).

- **Concentração micela crítica (CMC)**

A concentração micelar crítica (CMC) é definida como a concentração mínima de surfactante necessária para fornecer a máxima redução da tensão superficial da água e iniciar a formação de micelas, conforme ilustrado na Figura 6 (HENTATI et al., 2019). Para todos os surfactantes, a CMC depende do comprimento da cadeia da cauda hidrofóbica, temperatura e salinidade.

À medida que o surfactante está presente a uma concentração superior à CMC é possível obter tensão superficial inferior e melhor estabilidade da emulsão (AHMADI, et al., 2014).

Figura 6 - Etapas da formação de micelas



Fonte: FARIAS et al., 2006

1.3.6 Principais vantagens da produção de biossurfactantes e bioemulsificantes

Muitas das vantagens dos biotensoativos e bioemulsificantes vão além do potencial de redução da tensão superficial. Esse efeito combinado entre a bioatividade e atividade interfacial leva a um potencial particularmente interessante para diversas aplicações industriais (AKBARI et al., 2018).

Dentre as principais vantagens dessas biomoléculas em comparação aos quimicamente sintetizados pode-se destacar, em especial, a baixa toxicidade e potencial de biodegradabilidade quando disposto no meio ambiente, assim como o fato de utilizar recursos renováveis para sua produção (ZHU et al., 2019).

- **Baixa toxicidade**

Os biossurfactantes e bioemulsificantes são produtos biológicos menos e/ou não tóxicos quando dispostos no meio ambiente (MAHANTI; KUMAR; PATRA, 2017).

Diversos estudos comprovam a baixa toxicidade dessas biomoléculas. Santos, Silveira e Pereira (2018) apresentaram os avanços e aplicações deste biossurfactante para a biotecnologia sanitária e ambiental com ênfase aos efeitos toxicológicos em sistemas *in vivo* e *in vitro*. Já Zenati e colaboradores (2018) realizaram a avaliação da toxicidade do biossurfactante isolado de *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* utilizando o micro crustáceo *Artemia nauplii* como organismo teste. No estudo foi possível observar que mortalidade dos organismos testes em contato com o surfactante sintético SDS numa concentração de 32 mg/L foi de 100%, enquanto que a mortalidade para os organismos que estiveram em contato com o biossurfactante na concentração de 15000 mg/L foi de apenas 26%, demonstrando a baixa toxicidade do biossurfactante estudado.

O caráter baixo ou atóxico dos biossurfactantes também foi relatado na literatura por Luna e colaboradores (2013). No estudo o biossurfactante produzido por *Candida sphaerica* não mostrou nenhum efeito de letalidade contra *A. salina*, mesmo na concentração 2 vezes maior que sua CMC. Além disso, o estudo revelou a ausência de fitotoxicidade do biossurfactante quando são utilizados vegetais como *Brassica oleracea*, *Solanum gilo*, e *Lactuca sativa* (ZENATI et al., 2018).

- **Biodegradabilidade**

A crescente industrialização e urbanização da sociedade ao longo do último século nos deixou uma herança de emissões que, envolvendo moléculas naturais ou sintéticas, tiveram um impacto em praticamente todos os ecossistemas da Terra (DE LORENZO, 2018). Embora os poluentes antropogênicos sempre tenham coexistido conosco (por exemplo, metais pesados), o desenvolvimento do transporte e da manufatura em larga escala não só liberou quantidades de compostos xenobióticos na biosfera, mas também mobilizou espécies de carbono que foram capturadas geologicamente em combustíveis fósseis ou fazendo parte de compostos naturais (ALEXANDER 1999; DE LORENZO, 2018).

Essa combinação de circunstâncias define a proposta tanto para a ciência da biodegradação (compreensão de como os micro-organismos catabolizam substâncias químicas ambientais de outra forma desagradáveis) quanto para a tecnologia de biorremediação (uso de agentes biológicos para remover ou pelo menos aliviar a poluição em determinados locais) (DE LORENZO, 2018). Agentes tensoativos (biossurfactantes e bioemulsificantes) ligados a células são importantes na assimilação de hidrocarbonetos durante a biodegradação e a biorremediação de ambientes poluídos (UZOIGWE et al., 2015).

Nesse sentido, é de elevada importância que uma molécula utilizada na remoção ou remediação de um determinado contaminante seja facilmente biodegradada (MAHANTI; KUMAR; PATRA, 2017).

O estudo realizado por Lima e colaboradores (2011) demonstrou a biodegradabilidade de biossurfactantes em comparação com surfactante químico, onde foi possível observar menor percentual de degradação (24,8%) do surfactante químico dodecil sulfato de sódio-SDS e maior porcentagem de degradação do biossurfactante lipopeptídico (69,1%) e glicolípido (73,4%). Portanto, os biossurfactantes mostraram ser mais biodegradáveis do que os surfactantes sintéticos (FENG et al., 2019).

- **Produção a partir de fontes renováveis**

A sociedade é caracterizada por um aumento nos gastos, a necessidade de reutilizar materiais e preocupações ambientais (SANTOS et al., 2016). Conseqüentemente, maior ênfase foi dada à recuperação, reciclagem e reutilização. De fato, a necessidade de preservação ambiental levou à reutilização de diferentes resíduos industriais. Isto é particularmente válido para a indústria de produção alimentar, cujos resíduos, efluentes e subprodutos podem ser reutilizados (BANAT., et al 2014).

Os resíduos industriais despertaram o interesse dos pesquisadores como um substrato de baixo custo para a produção de biossurfactantes (MAKKAR; CAMEOTRA et al 2002).

A seleção de resíduos deve garantir o equilíbrio adequado de nutrientes para permitir o crescimento microbiano e conseqüente produção de biossurfactante.

Resíduos industriais com alto teor de carboidratos ou lipídios são ideais para uso como substrato (MAKKAR; CAMEOTRA et al., 2002). Segundo Barros et al (2007), o uso de resíduos agroindustriais é um dos passos para a implantação de uma produção viável de biossurfactante e bioemulsificante em escala industrial, para a qual é necessária a otimização das diferentes variáveis envolvidas (SANTOS et al., 2016).

Na última década, vários materiais de resíduos baratos foram explorados como substratos para a produção de biossurfactantes e bioemulsificantes, trazendo assim uma estratégia eficaz de redução de custos, juntamente com a tão necessária gestão de resíduos (BANAT et al., 2014; SATPUTE et al., 2016). Um imenso escopo foi encontrado para uma variedade de resíduos industriais renováveis e baratos a serem usados na produção de biossurfactantes. Entre esses, destacam-se os resíduos alimentícios e agroindustriais. Os materiais de baixo custo mais recentes e proeminentes explorados como substrato para a produção de biossurfactantes estão resumidos na Tabela 1.

No entanto, o argumento não se limita apenas ao custo das matérias-primas, mas a disponibilidade, estabilidade e variabilidade de cada componente também são fatores críticos a serem considerados (SINGH, 2018). Além disso, a quantidade a ser utilizada, forma (sólido ou líquido), tamanho de partícula, textura, embalagem, transporte, armazenamento, estabilidade e pureza, todos desempenham um papel crítico na seleção final e formulação de qualquer substrato para produção de biossurfactante e bioemulsificante (SINGH, 2018).

Tabela 1 - diferentes substratos de baixo custo explorados recentemente para produção de biotensoativos e bioemulsificantes

Tipo de indústria / resíduos	Tipo de espécie microbiana	Referências
Alimentos e resíduos Agroindustriais (melaço, bagaço de cana, casca de laranja, farinha de casca de gergelim, resíduo de atum, casca de banana, casca de batata, licor de maceração de	<i>Archaeon de Halobacteriaceae, Bacillus pumilis, Bacillus licheniformis, Cunninghamella</i>	Chooklin et al. (2014); Sharma et al. (2015); Kumar et al. (2016); Lins et al. (2016); Rubio-Ribeaux et al. (2017); Magalhães et al. (2018); Do

milho, bagaço de amendoim, resíduo de mandioca, resíduo de moringa, milhocina)	<i>phaeospora, Candida tropicalis, Pseudomonas aeruginosa</i>	Amaral Marques et al. (2018); Jara; Andrade; Campos-Takaki (2013); Pele et al. (2019); Silva et al. (2014)
Resíduos animais (resíduos de matadouro, gorduras animais, resíduos de processamento de peixe)	<i>Pseudomonas gessardii, Nocardia higoensis, Aneurinibacillus migulanus</i>	Ramani et al. (2012); Patil et al. (2016); Sellami et al. (2016)
Desperdícios agroindustriais e de moagem (incluindo resíduos de refinaria) (resíduos de lagar de azeite, efluentes pré-tratados de curtume, resíduos da indústria de óleo de palma, resíduos da indústria de óleo de soja)	<i>Brachybacterium, paraconglomeratum, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus pseudomycooides, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus subtilis</i>	Kiran et al. (2014a); Gudina et al. (2016); Li et al. (2016); Moya-Ramirez et al. (2016); Radzuan et al. (2017); Jara; Andrade; Campos-takaki (2013)
Resíduos de óleo de cozinha (resíduos de óleo de coco, óleo de cozinha usado)	<i>Pseudomonas aeruginosa, Candida lipolytica</i>	George e Jayachandran (2013); Lan et al. (2015); Souza et al. (2016); Do Amaral Marques et al. (2018); Pele et al. (2018)

Fonte: SINGH (2018)

Óleo de soja vegetal pós fritura (OSPF)

O óleo corresponde, em média, a 20% da matéria seca dos grãos de soja, enquanto que a maioria das leguminosas (exceto o amendoim) contém de 2 a 14% de óleo. Aproximadamente 40% das calorias da soja são fornecidas pelo seu óleo. O óleo de soja é utilizado tanto na indústria, quanto na alimentação. Sendo o mais conhecido o de cozinha (ASSUNÇÃO; GUIMARÃES, 2014).

A maior parte do óleo de soja é composto por gordura insaturada. Ácidos graxos poli-insaturados (ácido linolênico e linoleico), monoinsaturados (ácido oleico) e saturados (ácido palmítico e esteárico) correspondem, em média, a 61%, 25% e 15%, respectivamente. O ácido linolênico, que corresponde, em média, a 7% da composição do óleo, é um ácido graxo ômega-3. A soja é uma das poucas fontes vegetais de ácidos graxos ômega-3. Ácidos graxos ômega-3 são nutrientes essenciais

para crianças e podem ajudar a reduzir os riscos tanto de doenças do coração quanto de câncer (ASSUNÇÃO; GUIMARÃES, 2014).

O processo de fritura desenvolve características de odor, sabor, cor e textura que tornam os alimentos mais atraentes para o consumo (CELLA et al, 2002) No entanto, certa parte do óleo utilizado nesse processo absorvido pelo alimento, tornando-se um ingrediente do produto. Assim, para garantir a boa qualidade do alimento processado por meio de fritura, é importante o uso de um óleo de alta qualidade que possa ser utilizado por longos períodos, sem sofrer modificações oxidativas relevantes (VERGARA, 2006).

Cella e colaboradores (2002), avaliaram as alterações sofridas pelo óleo de soja em relação a acidez. O aumento da acidez indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas, com a produção de ácidos graxos livres, e conseqüentemente, de diglicerídeos, que ocorreu devido à presença de água e da alta temperatura, pois, quanto maior o percentual de água no alimento, mais rapidamente ela ocorre.

Em relação aos índices de peróxidos que está relacionado com a degradação oxidativa dos óleos, caracterizando-se como os produtos iniciais desse tipo de reação. O óleo de soja apresentou índice de peróxido 2,08 meq/kg. Aumento na coloração do óleo de soja. A cor mais intensa adquirida pelo óleo de soja coincidiu com os índices de peróxido e de acidez mais elevados do meio. No entanto, outros fatores podem contribuir para a alteração da coloração. A isomerização das duplas ligações induz a migração e formação de duplas conjugadas, as quais absorvem maiores quantidades de luz e intensificam as cores laranja e marrom no óleo (ASSUNÇÃO; GUIMARÃES, 2014). Além disso, pode ocorrer a absorção ou passagem dos pigmentos escuros dos alimentos para o óleo e também o escurecimento do alimento pelas reações de Maillard, influenciando na perda de qualidade do óleo (ASSUNÇÃO; GUIMARÃES, 2014; CELLA et al., 2002).

- **Estabilidade dos biossurfactantes e bioemulsificantes frente a fatores ambientais**

Os biossurfactantes e bioemulsificantes são úteis em diferentes indústrias, como alimentos e cosméticos, assim como em campos agrícolas e áreas

contaminadas, onde a alteração de fatores ambientais pode resultar em formulações compatíveis com diferentes aplicações (SINGH; SINGH; RATHORE, 2019).

Zadeh et al (2018) avaliaram a estabilidade do biossurfactante produzido por *Mucor circinelloides*, onde a dispersão de óleo em água foi utilizada como parâmetro teste. Os resultados obtidos a partir dos testes de estabilidade mostraram que o aumento da salinidade do caldo de fermentação de *M. circinelloides* até 30 g/L aumentou a atividade de superfície do biossurfactante (de 12,5 a 13,5 cm) e foi também estável e ativo em níveis de salinidade de até 40 g/L de NaCl. O estudo de estabilidade térmica revelou que o biossurfactante produzido por *M. circinelloides* foi um composto termoestável, cuja atividade não foi afetada pelo aquecimento a 121°C por 30 min. Este composto também foi estável no pH ácido e neutro (pH 2 a 8) (HASANI ZADEH; MOGHIMI; HAMED, 2018).

Elkhawaga (2018) realizou um estudo a cerca das características do biossurfactante produzido por *Streptomyces griseoplanus*, onde a estabilidade da emulsão formada com azeite de oliva e xileno foram testadas frente a diferentes condições de temperatura, pH e salinidade. O biossurfactante reteve sua atividade em amplos intervalos de temperatura (20 a 100 ° C), além disso, os resultados mostraram maior estabilidade em pH alcalino do que ácido. Por outro lado, o índice de emulsificação permaneceu relativamente estável em diferentes concentrações de NaCl (1-10%).

1.3.7 Mercado mundial dos biotensoativos

Os biossurfactantes são potencialmente capazes de atender a demanda do mercado moderno para produtos naturais (AHMAD; IMRAN; QADEER, 2018).

O mercado de biotensoativos na América do Norte impulsionado pelos EUA pode registrar um crescimento significativo de mais de 4% até 2024. O aumento da renda per capita e dos gastos com produtos de higiene pessoal e bens de consumo impulsionará o crescimento da indústria na região. A crescente demanda por produtos cosméticos e de cuidados pessoais, como xampus, batons, rímel, creme dental e soluções para lentes de contato, devido às suas propriedades de formação de espuma, emulsificação, espalhamento e umedecimento, impulsionará o crescimento da indústria regional (AHUJA; SINGH 2018).

A Europa impulsionada pela demanda do mercado de biotensoativos do Reino Unido, França, Espanha e Alemanha pode ultrapassar US \$ 1,2 bilhão até 2024. A crescente demanda por produtos ambientalmente corretos e a crescente conscientização sobre a saúde entre os consumidores é o principal fator para o crescimento do produto. Além disso, as políticas de proteção ecológica e a crescente conscientização sobre a saúde podem aumentar a demanda do produto durante o período de tempo previsto (AHUJA; SINGH 2018).

A demanda do mercado de biotensoativos na Ásia-Pacífico liderada pela Índia, Japão e China provavelmente registrará ganhos significativos acima de 4,5% no prazo previsto. O rápido aumento da renda disponível e da renda per capita na China, Índia, Tailândia e Coréia do Sul, acompanhado pela demanda dos segmentos de cuidados domésticos e pessoais, acelerará a demanda por produtos (AHUJA; SINGH 2018).

1.3.8 Aplicações dos biotensoativos e bioemulsificantes

Os biossurfactantes e bioemulsificantes têm uma ampla gama de aplicações biotecnológicas em petróleo, alimentos, bebidas, cosméticos, detergentes, têxteis, tintas, mineração, celulose, farmacêutica e nanotecnologia. Além disso, podem ser usados para a recuperação de resíduos de óleo de tanques de armazenamento, outros processos de recuperação de óleo, a limpeza de derramamentos de óleo e a biorremediação do solo e da água (SANTOS et al., 2016).

- **Indústria de petróleo**

O petróleo é uma fonte essencial de energia e força motriz do desenvolvimento econômico. O Departamento de Energia dos EUA informa que os combustíveis fósseis constituem 83% de todas as fontes de energia primária no país e o petróleo é responsável por 57% desses produtos (SANTOS et al., 2016).

Um grande acidente ocorrido em 2011, em novembro (a plataforma de petróleo Sedco 706, Brasil) causou um vazamento total de 5.943 litros, espalhando-se por 163 km². Mais um derramamento de óleo que ocorreu no Golfo do México em 2010, causado pela explosão de uma plataforma de petróleo nos EUA. Numerosos acidentes foram evidentes para derramamento de óleo e foram remediados usando BFs (MAHANTI; KUMAR; PATRA, 2017).

O resíduo de óleo em pequenos poros dentro de reservatórios de petróleo é responsável por 50% a 65% do petróleo e é aprisionado por altas forças de capilaridade, bem como tensão interfacial entre as fases de hidrocarboneto e aquosa. Diferentes reduções na tensão interfacial são necessárias para a mobilização deste hidrocarboneto, o que só é alcançado com o uso de concentrações de surfactante significativamente maior do que o necessário para a formação de micelas (SANTOS et al., 2016).

Na recuperação avançada de petróleo, o uso de calor, agentes tensoativos, processos microbianos e injeção de gás levam à recuperação de uma porção significativa do óleo retido. No entanto, o alto custo de agentes tensoativos químicos dificulta o uso disseminado de surfactantes em processos de recuperação de óleo (NAUGHTON et al., 2019). Assim, biossurfactantes têm sido empregados para reduzir a tensão interfacial entre óleo / água e óleo / rocha, o que leva a uma redução nas forças capilares que impedem o óleo de se mover através dos poros da rocha. Os biossurfactantes também formam uma emulsão na interface óleo-água, que estabiliza o óleo dessorvido na água e permite a remoção do óleo junto com a água da injeção (PACWA-PLOCINICZAK., et al 2011).

- **Biorremediação**

Os biossurfactantes e bioemulsificantes possuem potencial de favorecer a biodegradação de hidrocarbonetos por micro-organismos (LIU et al., 2017). Possuem também a capacidade de enfraquecer a adsorção bacteriana e aumentar o transporte bacteriano ao longo dos locais a serem remediados (ZHONG et al., 2017), que é de importância crucial para o método de bioaugmentação bem sucedido para remediação.

Um exemplo é a capacidade do biossurfactante da classe dos glicolípídeos de aumentar a biodisponibilidade de hidrocarbonetos por solubilização nos processos de biorremediação do solo, o que tem sido relatado em muitas literaturas (LIU et al., 2018). Pei et al (2010) estudaram o efeito do ramnolípídeo e Tween-80 na biodegradação de fenantreno por *Sphingomonas* sp. GF2B. A biodegradação de fenantreno por *Sphingomonas* sp. O GF2B foi bastante inibida pelo Tween-80 com apenas 33,5% de fenantreno degradado, enquanto o ramnolípídeo aumentou significativamente a degradação do fenantreno, com até 99,5% de fenantreno

degradado. Os autores propuseram que os ramnolipídios aumentaram a solubilidade do fenantreno, que provavelmente foi responsável pela alta biodegradação de fenantreno na presença do ramnolipídeo. Congiu e Ortega-Calvo (2014) estudaram o impacto de um biossurfactante aplicado na biodegradação de pireno e fenantreno marcados com C14 sob condições limitantes de dessorção, e observaram que os biossurfactantes resultaram em uma solubilização micelar significativa e aumentaram a biodegradação de pireno e fenantreno adsorvidos aos solos.

- **Indústria alimentícia**

A emulsificação é importante para a formação de consistência e textura em alimentos, bem como a dispersão de fases e a solubilização de aromas (CAMPOS., et al 2013).

Os biossurfactantes também podem ser utilizados como emulsionantes no processamento de matérias-primas, o controle de gordura aglomeração de glóbulos, a estabilização de sistemas aerados e uma melhoria na consistência de produtos à base de gordura (ZHU et al., 2019).

O uso de rhamnolipídeos para melhorar as propriedades emulsificantes de sobremesas congeladas, manteiga e croissants também foi relatado (RANGARAJAN; SEM, 2013). Por exemplo, *Candida utilis* produz um bioemulsificante usado em molhos de salada processados (CAMPOS., et al 2015). No entanto, a indústria de alimentos ainda não fez uso em larga escala de biossurfactantes. Muitas das propriedades dos biossurfactantes e sua regulação como novos ingredientes para alimentos estão pendentes de aprovação (SANTOS et al., 2016).

- **Industria de cosméticos e farmacêutica**

Biossurfactantes e bioemulsificantes têm atraído o interesse das indústrias cosmética e farmacêutica devido ao seu uso potencial como detergentes, umectantes, emulsificantes, espumantes, solubilizantes e muitas outras propriedades úteis (MARCHANT; BANAT, 2012b).

O uso de biossurfactantes nessas indústrias é muito amplo, pois são um dos principais componentes essenciais na produção de produtos como xampu, condicionantes, sabão, gel de banho, cremes dentais, cremes, hidratantes, produtos

de limpeza e muitos outros cuidados com a pele e produtos de saúde (BORUAH; GOGOI, 2013; CHAKRABORTY et al., 2015).

Vários estudos relataram que o uso de surfactantes de base química em formulações cosméticas é um dos problemas mais desafiadores devido ao seu risco potencial de alergia e irritação na pele (BUJAK; WASILEWSKI; NIZIOŁ-ŁUKASZEWSKA, 2015; SIL; DANDAPAT; DAS, 2017; VECINO., et al 2017a). No entanto, as excelentes características dos biosurfactantes fazem deles um excelente componente como um produto verde para cosméticos (FERREIRA et al., 2017; LEE., et al 2017).

Nos últimos anos, verificou-se que os biosurfactantes são muito úteis para a hidratação da pele semelhante às ceramidas (KITAGAWA et al., 2010). Kitagawa e colaboradores (2011) descobriram que os surfactantes baseados em micro-organismos, além de terem uma boa capacidade como emulsionante, poderiam ser aplicados como ceramidas para melhorar a aspereza da pele e eliminar a deficiência de ceramida na pele.

Também é alegado que a combinação de biosurfactantes em cosméticos, como loções para cuidados com a pele e cremes hidratantes, pode melhorar a qualidade do produto e ajudar na melhoria da rugosidade (KITAGAWA et al., 2010; VECINO et al., 2017b).

1.3.9 Ordem Mucorales Dumort

A ordem Mucorales está inserida no sub-reino Mucoromyceta, subfilo Mucoromycotina, filo Mucoromycota (SPATAFORA et al., 2016; TEDERSOO et al., 2018), um filo proposto para acomodar várias espécies de Zygomycota, um filo não mais aceito por ser polifilético (JAMES et al. 2006, HIBBETT et al., 2007).

Morfologicamente, espécies de Mucorales são caracterizadas pela produção de esporangiosporos (fase assexuada) em esporângios, merosporângios, esporangiólos e a formação de zigósporos, esporos de origem sexual formados pela fusão de dois gametângios (KENDRICK 2000; LIMA et al., 2018).

A maioria dos táxons de mucorales degradam apenas fontes de carbonos de moléculas simples, como glicose, e a minoria são capazes de gradar substratos mais

complexos como hemiceluloses, lipídeos e proteínas (DOMSCH et al., 2007; LIMA et al., 2016). São promissores na indústria de alimentos e bebidas devido à termotolerância e à produção de enzimas como amilases e proteases (LIMA et al., 2016).

A biomassa das espécies desse grupo é rica em quantidades significativas de proteínas, lipídeos (em especial ácidos graxos poli-insaturados), aminoácidos, quitosana e quitina, que os tornam interessantes para serem utilizados na indústria alimentícia, farmacêutica e de biocombustíveis (FERREIRA et al., 2013). Além de apresentarem grande importância ecológica, pois são decompositores de matéria orgânica no solo e outros substratos, que contribui para o ciclo de nutrientes e conservação de diversos ecossistemas (LIMA et al., 2018).

1.3.9.1 Gênero *Mucor* Fresen.

O gênero *Mucor*, descrito por Fresenius (1850), pertence à família Mucoraceae Dumort, Mucorales Fr. ordem, subfilo Mucoromycotina Benny e filo Mucoromycota Doweld, compreendendo o maior número de espécies dentro do Mucorales (SPATAFORA et al. 2016).

Espécimes deste gênero são caracterizados por colônias de crescimento rápido e produção de esporangióforos simples e / ou ramificados (SCHIPPER 1973; VON ARX 1982), bem como esporângios globulares sem apófises. Alguns espécimes podem produzir rizóides (por exemplo, *Mucor hiemalis* f. *Luteus* Linnem., Schipper e *M. irregularis* Stchigel, Cano, Guarro e E. Álvarez) enquanto outros são dimórficos (ORLOWSKI 1991; BEHESHTI; KARIMI 2016).

Taxa de *Mucor* são cosmopolitas e principalmente sapróbias, e são facilmente isolados do solo, frutas, legumes, grãos armazenados e esterco de herbívoro (ORLOWSKI 1991; JACOB; BOTHA 2008).

Os espécimes de *Mucor* sp são de grande interesse para a indústria de biotecnologia devido à capacidade de produzir enzimas como as uricases (YAZDI et al. 2006), proteases (ALVES et al. 2005, SOUZA et al. 2015), fitase e lipases (ROOPESH et al. al. 2006; CARVALHO et al. 2015).

Algumas espécies de *Mucor* são usadas em processos de biorremediação (WEI et al., 2015; SUN et al., 2017), enquanto outras são importantes para a indústria de alimentos (MORIN-SARDIN et al. 2016; SNYDER et al., 2016).

Referências

AHMADI, Mohammad Ali et al. Preliminary evaluation of mulberry leaf-derived surfactant on interfacial tension in an oil-aqueous system: EOR application. **Fuel**, v. 117, p. 749-755, 2014.

AHMED, Entissar Faroun; HASSAN, Shatha Salman. Antimicrobial activity of a bioemulsifier produced by *Serratia marcescens* S10. **Journal of Al-Nahrain University-Science**, v. 16, n. 1, p. 147-155, 2013.

AHMAD, Zulfiqar; IMRAN, Muhammad; QADEER, Samia. Biosurfactants for Sustainable Soil Management. 1. ed. **Elsevier Inc.**, 2018.

AHUJA, Kunal; SINGH, Sonal. Biosurfactants Market Size By Product (Sphorolipids, Rhamnolipids, Alkyl Polyglucosides [APG], Methyl Ethyl Sulfonates [MES], Sucrose Esters, Sorbitan Esters, Lipopeptides), By Application (Household Detergents, Personal Care, Industrial Cleaners, Food Processing, Oilfield Chemicals, Agricultural Chemicals, Textiles), Industry Analysis Report, Regional Outlook (U.S., Germany, UK, France, Italy, China, India, Japan, Thailand, Brazil), Application Potential, Price Trend, Competitive Market Share & Forecast, 2018 – 2024. **Global marketing insights**, 2018.

AKBARI, Sweeta et al. Biosurfactants—a new frontier for social and environmental safety: a mini review. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 2, n. 1, p. 81–90, 2018.

AKBARI, Sweeta et al. Biosurfactants as promising multifunctional agent: A mini review. **International Journal of Innovative Research and Scientific Studies**, v. 1, n. 1, 2018.

ALEXANDER, Martin. **Biodegradation and bioremediation**. Gulf Professional Publishing, 1999.

ALVES, Maria Helena et al. Detection of extracellular protease in *Mucor* species. **Revista iberoamericana de micología**, v. 22, n. 2, p. 114, 2005.

AMARAL, P. F. F. et al. Production and characterization of a bioemulsifier from *Yarrowia lipolytica*. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 8, p. 1894-1898, 2006.

ANDRADE, R. F. et al. Enhanced production of an glycolipid biosurfactant produced by *Candida glabrata* UCP/WFCC1556 for application in dispersion and removal of petroderivatives. **Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci**, v. 4, n. 7, p. 563-576, 2015.

ANDRADE SILVA, Nadielly et al. Biosurfactant-and-bioemulsifier produced by a promising *Cunninghamella echinulata* isolated from caatinga soil in the northeast of Brazil. **International journal of molecular sciences**, v. 15, n. 9, p. 15377-15395, 2014.

ASSUNÇÃO, Yago Gabriel; GUIMARÃES, Anna Luisa. Da Soja ao Óleo de Soja: Benefícios à Saúde. **Portal educação**, 2014.

AZAM, M. R. et al. Static adsorption of anionic surfactant onto crushed Berea sandstone. **Journal of Petroleum Exploration and Production Technology**, n. 3, v. 3, 195-201, 2013.

BANAT, Ibrahim M. et al. Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. **Frontiers in microbiology**, v. 5, p. 697, 2014.

BANAT, Ibrahim M.; MAKKAR, Ravinder S.; CAMEOTRA, Swaranjit Singh. Potential commercial applications of microbial surfactants. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 53, n. 5, p. 495-508, 2000.

BARROS, Francisco Fábio Cavalcante et al. Surfactin: chemical, technological and functional properties for food applications. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 409-414, 2007.

BEHESHTI, Hamidreza; KARIMI, Keikhosro. Ethanol and value-added byproducts from rice straw by dimorphic fungus *Mucor hiemalis*. **Engineering in Life Sciences**, v. 16, n. 8, p. 750-761, 2016.

BERRY, Joseph D. et al. Measurement of surface and interfacial tension using pendant drop tensiometry. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 454, p. 226–237, 2015.

BHATTACHARYA, B.; GHOSH, T. K.; DAS, N. Application of biosurfactants in cosmetics and pharmaceutical industry. **Sch Acad J Pharm**, v. 6, n. 7, p. 320-329, 2017.

BORUAH, B.; GOGOI, M. Plant based natural surfactants. **Asian Journal of Home Science**, n. 8, v. 2, p. 759-762, 2013.

BUJAK, Tomasz; WASILEWSKI, Tomasz; NIZIOŁ-ŁUKASZEWSKA, Zofia. Role of macromolecules in the safety of use of body wash cosmetics. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 135, p. 497-503, 2015.

CALVO, C. et al. Application of bioemulsifiers in soil oil bioremediation processes. Future prospects. **Science of the total environment**, v. 407, n. 12, p. 3634-3640, 2009.

CAMPOS, Jenyffer Medeiros et al. Microbial biosurfactants as additives for food industries. **Biotechnology progress**, v. 29, n. 5, p. 1097-1108, 2013.

CAMPOS, Jenyffer M.; STAMFORD, Tânia LM; SARUBBO, Leonie A. Production of a bioemulsifier with potential application in the food industry. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 172, n. 6, p. 3234-3252, 2014.

CAMPOS, Jenyffer M. et al. Formulation of mayonnaise with the addition of a bioemulsifier isolated from *Candida utilis*. **Toxicology reports**, v. 2, p. 1164-1170, 2015.

CAMPOS-TAKAKI, Galba M.; SARUBBO, Leonie Asfora; ALBUQUERQUE, Clarissa Daisy C. Environmentally friendly biosurfactants produced by yeasts. In: **Biosurfactants**. Springer, New York, NY, p. 250-260, 2010.

CARVALHO, Ana KF et al. Performance of whole-cells lipase derived from *Mucor circinelloides* as a catalyst in the ethanolysis of non-edible vegetable oils under batch and continuous run conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 287-294, 2015.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.22, n.2, p. 111-116, 2002.

CERÓN-CAMACHO R, et al. Synergistic effect of alkyl-O-glucoside and -cellobioside biosurfactants as effective emulsifiers of crude oil in water. A proposal for the transport of heavy crude oil by pipeline. **Fuel**, v. 110, p. 310–317, 2013.

CHAKRABARTI, Sneha. **Bacterial biosurfactant: characterization, antimicrobial and metal remediation properties**. 2012. Tese de Doutorado.

CHAKRABORTY, Samrat et al. Biosurfactant produced from Actinomycetes nocardioopsis A17: characterization and its biological evaluation. **International journal of biological macromolecules**, v. 79, p. 405-412, 2015.

CHOOKLIN, Chanika Saenge; MANEERAT, Suppasil; SAIMMAI, Atipan. Utilization of banana peel as a novel substrate for biosurfactant production by Halobacteriaceae archaeon AS65. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 173, n. 2, p. 624-645, 2014.

CHRZANOWSKI, Łukasz; ŁAWNICZAK, Łukasz; CZACZYK, Katarzyna. Why do microorganisms produce rhamnolipids?. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 2, p. 401-419, 2012.

COOPER, David G.; GOLDENBERG, Beena G. Surface-active agents from two Bacillus species. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 53, n. 2, p. 224-229, 1987.

COOPER, David G.; PADDOCK, D. A. Production of a biosurfactant from *Torulopsis bombicola*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 47, n. 1, p. 173-176, 1984.

CONGIU, Eleonora; ORTEGA-CALVO, José-Julio. Role of desorption kinetics in the rhamnolipid-enhanced biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 18, p. 10869-10877, 2014.

CONGIU, Eleonora; PARSONS, John R.; ORTEGA-CALVO, José-Julio. Dual partitioning and attachment effects of rhamnolipid on pyrene biodegradation under bioavailability restrictions. **Environmental pollution**, v. 205, p. 378-384, 2015.

CUI, Q. F. et al. Comparison of in-situ and ex-situ microbial enhanced oil recovery by strain *Pseudomonas aeruginosa* WJ-1 in laboratory sand-pack columns. **Petroleum Science and Technology**, v. 35, n. 21, p. 2044-2050, 2017.

DALTIN, Decio. Tensoativos: química, propriedades e aplicações. **São Paulo: Blucher**, p. 11-35, 2011.

CHANDRAN, PREETHY; DAS, Nilanjana. Biosurfactant production and diesel oil degradation by yeast species *Trichosporon asahii* isolated from petroleum hydrocarbon contaminated soil. **Int J Eng Sci Technol**, v. 2, n. 12, p. 6942-6953, 2010.

DHASAYAN, Asha; KIRAN, G. Seghal; SELVIN, Joseph. Production and characterisation of glycolipid biosurfactant by *Halomonas* sp. MB-30 for potential application in enhanced oil recovery. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 174, n. 7, p. 2571-2584, 2014.

DE LORENZO, Víctor. Consequences of Microbial Interactions with Hydrocarbons, Oils, and Lipids: Biodegradation and Bioremediation, p. 1-21, 2018.

DO AMARAL MARQUES, Nathalia Sa Alencar et al. Lipopeptide biosurfactant produced by *Mucor Circinelloides* UCP/WFCC 0001 applied in the removal of crude oil and engine oil from soil. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 41, p. e38986, 2019.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. Compendium of Soil Fungi–IHW–Verlag. **Eching, Germany**, 2007.

ELKHAWAGA, M. A. Optimization and characterization of biosurfactant from *Streptomyces griseoplanus* NRRL-ISP 5009 (MS 1). **Journal of applied microbiology**, v. 124, n. 3, p. 691–707, 2018.

ELLIAH, P. et al. Production of glycolipids containing biosurfactant by *Pseudomonas* species. 2002.

ERAQI, Walaa A. et al. Utilization of crude glycerol as a substrate for the production of rhamnolipid by *Pseudomonas aeruginosa*. **Biotechnology research international**, v. 2016, 2016.

FARIAS, K. V. et al. Estudo da reologia e espessura do reboco de fluidos de perfuração: influência de dispersantes e umectante aniônicos. **Revista cerâmica**, v. 52, p. 307-314, 2006.

FENG, Jun Qiao et al. Characterization of biosurfactant lipopeptide and its performance evaluation for oil-spill remediation. **RSC Advances**, v. 9, n. 17, p. 9629–9632, 2019.

FERREIRA, A. et al. Novel cosmetic formulations containing a biosurfactant from *Lactobacillus paracasei*. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 155, p. 522-529, 2017.

FERREIRA, Jorge A. et al. Zygomycetes-based biorefinery: Present status and future prospects. **Bioresource technology**, v. 135, p. 523-532, 2013.

FRESENIUS, G. Beiträge zur Mykologie, Bei Heinrich Ludwig Brönnner, Frankfurt A. M., p 1–38, 1850.

GEORGE, S.; JAYACHANDRAN, K. Production and characterization of rhamnolipid biosurfactant from waste frying coconut oil using a novel *Pseudomonas aeruginosa* D. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 2, p. 373-383, 2013.

GUDIÑA, Eduardo; TEIXEIRA, José; RODRIGUES, Lígia. Biosurfactants produced by marine microorganisms with therapeutic applications. **Marine drugs**, v. 14, n. 2, p. 38, 2016.

HASANI ZADEH, Parvin; MOGHIMI, Hamid; HAMED, Javad. Biosurfactant production by *Mucor circinelloides*: Environmental applications and surface-active properties. **Engineering in Life Sciences**, v. 18, n. 5, p. 317–325, 2018.

HENKEL, Marius; HAUSMANN, Rudolf. Diversity and Classification of Microbial Surfactants. Second Edition. **Elsevier Inc.**, 2019.

HENTATI, Dorra et al. Production, characterization and biotechnological potential of lipopeptide biosurfactants from a novel marine *Bacillus stratosphericus* strain FLU5. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, n. May 2018, p. 441–449, 2019.

HIBBETT, David S. et al. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. **Mycological research**, v. 111, n. 5, p. 509-547, 2007.

HUNTER, Robert J. Measuring zeta potential in concentrated industrial slurries. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 195, n. 1-3, p. 205-214, 2001.

JACOBS, K.; BOTHA, A. *Mucor renisporus* sp. nov., a new coprophilous species from Southern Africa. **Fungal Divers**, v. 29, p. 27-35, 2008.

JAMES, Timothy Y. et al. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. **Nature**, v. 443, n. 7113, p. 818, 2006.

JARA, Alícia MAT; ANDRADE, Rosileide FS; CAMPOS-TAKAKI, Galba M. Physicochemical characterization of tensio-active produced by *Geobacillus stearothermophilus* isolated from petroleum-contaminated soil. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 101, p. 315-318, 2013.

JHA, Sujata S.; JOSHI, Sanket J.; SJ, Geetha. Lipopeptide production by *Bacillus subtilis* R1 and its possible applications. **Brazilian journal of microbiology**, v. 47, n. 4, p. 955-964, 2016.

KAMAL, Muhammad Shahzad; HUSSEIN, Ibnelwaleed A.; SULTAN, Abdullah S. Review on Surfactant Flooding: Phase Behavior, Retention, IFT, and Field Applications. **Energy and Fuels**, v. 31, n. 8, p. 7701–7720, 2017.

KENDRICK, B. The Fifth Kingdom. **Sidney-by-the-Sea British Columbia, Canada, V8L 1M8**, 3 ed. 2000.

KIRAN, George S. et al. Production of glycolipid biosurfactant from sponge-associated marine actinobacterium *Brachybacterium paraconglomeratum* MSA21. **Journal of Surfactants and Detergents**, v. 17, n. 3, p. 531-542, 2014.

KITAGAWA, Masaru et al. **Biosurfactant-containing skin care cosmetic and skin roughness-improving agent**. U.S. Patent Application n. 12/094,727, 7 jan. 2010.

KOMMERS, Glauca D. Glauco JN Galiza, Taiara M. da Silva, Rafaela A. Caprioli, Claudio SL Barros, Luiz F. Irigoyen, Rafael A. Figuera, Maristela Lovato e. **DIAGNÓSTICO HISTOPATOLÓGICO E IMUNO-HISTOQUÍMICO DE MICOSES E OOMICOSSES EM ANIMAIS DOMÉSTICOS**, p. 12, 2014.

KOSARIC, N.; CAIRNS, W. L.; GRAY, N. C. In Marcel and Dekker. **Inc New**, 1987.

KUMAR, Ashwani et al. Microbial production of phytases for combating environmental phosphate pollution and other diverse applications. **Critical reviews in environmental science and technology**, v. 46, n. 6, p. 556-591, 2016.

LAMICHHANE, Shanti; KRISHNA, K. C. Bal; SARUKKALIGE, Ranjan. Surfactant-enhanced remediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 199, p. 46–61, 2017.

LAN, Guihong et al. Rhamnolipid production from waste cooking oil using *Pseudomonas* SWP-4. **Biochemical engineering journal**, v. 101, p. 44-54, 2015.

LEE, S. M. et al. Synthesis of environment friendly biosurfactants and characterization of interfacial properties for cosmetic and household products formulations. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, p. 536, 224---233, 2017.

LIMA, Diogo Xavier et al. Diversity of basal fungal order Mucorales (Mucoromycota) in a remaining area of the Brazilian Atlantic Rainforest. **Nova Hedwigia**, v. 107, n. 3-4, p. 459-471, 2018.

LIMA, Diogo Xavier et al. Diversity of Mucorales in natural and degraded semi-arid soils. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 1127-1133, 2016.

LIMA, Tânia MS et al. Biodegradability of bacterial surfactants. **Biodegradation**, v. 22, n. 3, p. 585-592, 2011.

LI, Jing et al. Production and characteristics of biosurfactant produced by *Bacillus pseudomycoloides* BS6 utilizing soybean oil waste. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 112, p. 72-79, 2016.

LINDMAN, Bjorn; MITTAL, Kashmiri Lal (Ed.). **Surfactants in Solution: Proceedings of an International Symposium on Surfactants in Solution, Held June 27-July 2, 1982, in Lund, Sweden**. Plenum Press, 1984.

LINS, A. Barbosa et al. Low-cost production of biosurfactant by *Cunninghamella phaeospora* using agro-industrial wastes. **Microbes in the Spotlight: Recent Progress in the Understanding of Beneficial and Harmful Microorganisms**, p. 339, 2016.

LIU, Guansheng et al. Advances in applications of rhamnolipids biosurfactant in environmental remediation: A review. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 115, n. 4, p. 796–814, 2018.

LIU, Guansheng et al. Effect of low-concentration rhamnolipid biosurfactant on *Pseudomonas aeruginosa* transport in natural porous media. **Water resources research**, v. 53, n. 1, p. 361-375, 2017.

LUNA, Juliana M. et al. Characterisation, surface properties and biological activity of a biosurfactant produced from industrial waste by *Candida sphaerica* UCP0995 for application in the petroleum industry. **Colloids and surfaces B: Biointerfaces**, v. 102, p. 202-209, 2013.

MAGALHÃES, Emilianny Rafaely Batista et al. Use of different agroindustrial waste and produced water for biosurfactant production. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, v. 15, n. 1, p. 17-26, 2018.

MAHANTI, Padma; KUMAR, Sanjeet; PATRA, Jayanta Kumar. Biosurfactants: An Agent to Keep Environment Clean. In: **Microbial Biotechnology**. Springer, Singapore, 2017. p. 413-428.

MAKKAR, R. S.; CAMEOTRA, Swaranjit Singh. Effects of various nutritional supplements on biosurfactant production by a strain of *Bacillus subtilis* at 45 C. **Journal of surfactants and detergents**, v. 5, n. 1, p. 11-17, 2002.

MARCHANT, Roger; BANAT, Ibrahim M. Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants?. **Biotechnology letters**, v. 34, n. 9, p. 1597-1605, 2012.

MENA, Esperanza et al. Electrokinetic remediation of soil polluted with insoluble organics using biological permeable reactive barriers: effect of periodic polarity reversal and voltage gradient. **Chemical Engineering Journal**, v. 299, p. 30-36, 2016.

MNIF, Ines; ELLOUZ-CHAABOUNI, Semia; GHRIBI, Dhouha. Glycolipid biosurfactants, main classes, functional properties and related potential applications in environmental biotechnology. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 26, n. 5, p. 2192-2206, 2018.

MONTEIRO, Andrea de Souza et al. Identification and characterization of bioemulsifier-producing yeasts isolated from effluents of a dairy industry. **Bioresource technology**, v. 101, n. 14, p. 5186-5193, 2010.

MONTERO-RODRÍGUEZ, Dayana et al. Bioremediation of petroleum derivative using biosurfactant produced by *Serratia marcescens* UCP/WFCC 1549 in low-cost medium. **Int J Curr Microbiol App Sci**, v. 4, n. 7, p. 550-62, 2015.

MORIN-SARDIN, Stéphanie et al. Effect of temperature, pH, and water activity on *Mucor* spp. growth on synthetic medium, cheese analog and cheese. **Food microbiology**, v. 56, p. 69-79, 2016.

MOYA-RAMÍREZ, Ignacio Moya et al. Hydrolysis of olive mill waste to enhance rhamnolipids and surfactin production. **Bioresource technology**, v. 205, p. 1-6, 2016.

NAUGHTON, P. J. et al. Microbial biosurfactants: current trends and applications in agricultural and biomedical industries. **Journal of Applied Microbiology**, p. 1–17, 2019.

ORLOWSKI, Michael. *Mucor* dimorphism. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 55, n. 2, p. 234-258, 1991.

PACWA-PŁOCINICZAK, Magdalena et al. Environmental applications of biosurfactants: recent advances. **International journal of molecular sciences**, v. 12, n. 1, p. 633-654, 2011.

PANJIAR, Neha; SACHAN, Shashwati Ghosh; SACHAN, Ashish. Screening of bioemulsifier-producing micro-organisms isolated from oil-contaminated sites. **Annals of microbiology**, v. 65, n. 2, p. 753-764, 2015.

PATIL, S.B. et al. Primary Screening of actinomycetes in prospects with biosurfactant production from animal fat waste. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, p. 92–97, 2016.

PEI, K.Q. A new variety of *Mucor variosporus* and the validation of *M. luteus* Linnemann and *M. variosporus* Schipper. **Mycosystema**, n. 19, v. 1, p. 10–12, 2000.

PEI X. et al. Effects of a biosurfactant and a synthetic surfactant on phenanthrene degradation by a *Sphingomonas* strain. **Pedosphere**, n. 20, v. 6, p. 771-779, 2010.

PELE, Milagre A. et al. Conversion of renewable substrates for biosurfactant production by *Rhizopus arrhizus* UCP 1607 and enhancing the removal of diesel oil from marine soil. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 38, p. 40-48, 2019.

PELE, Milagre A. et al. Development and improved selected markers to biosurfactant and bioemulsifier production by *Rhizopus* strains isolated from Caatinga soil. **African Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 6, p. 150-157, 2018.

PERFUMO, A. et al. Production and roles of biosurfactants and bioemulsifiers in accessing hydrophobic substrates. **Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology**, p. 1501-1512, 2009.

PLAZA, Cesar et al. Binding of polycyclic aromatic hydrocarbons by humic acids formed during composting. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 1, p. 257-263, 2009.

RADZUAN, Mohd Nazren; BANAT, Ibrahim M.; WINTERBURN, James. Production and characterization of rhamnolipid using palm oil agricultural refinery waste. **Bioresource technology**, v. 225, p. 99-105, 2017.

RAHMAN, K. S. M. et al. Rhamnolipid biosurfactant production by strains of *Pseudomonas aeruginosa* using low-cost raw materials. **Biotechnology progress**, v. 18, n. 6, p. 1277-1281, 2002.

RAHMAN, Mohammad L. et al. Persistent organic pollutants and gestational diabetes: A multi-center prospective cohort study of healthy US women. **Environment international**, v. 124, p. 249-258, 2019.

RAMANI, K. et al. Microbial induced lipoprotein biosurfactant from slaughterhouse lipid waste and its application to the removal of metal ions from aqueous solution. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 97, p. 254-263, 2012.

RANDHAWA, Kamaljeet K.; RAHMAN, Pattanathu KSM. Rhamnolipid biosurfactants—past, present, and future scenario of global market. **Frontiers in microbiology**, v. 5, p. 454, 2014.

RANGARAJAN, Vivek; SEN, Ramkrishna. An inexpensive strategy for facilitated recovery of metals and fermentation products by foam fractionation process. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 104, p. 99-106, 2013.

REHM, H. J.; REIFF, I. Mechanisms and occurrence of microbial oxidation of long-chain alkanes. In: **Reactors and Reactions**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1981. p. 175-215.

ROOPESH, Krishnan et al. Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus*. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 3, p. 506-511, 2006.

RUBIO-RIBEAUX, Daylin et al. Promising biosurfactant produced by a new *Candida tropicalis* UCP 1613 strain using substrates from renewable-resources. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 23, p. 981-991, 2017.

SANTANA, R. C.; PERRECHIL, F. A.; CUNHA, R. L. High-and low-energy emulsifications for food applications: a focus on process parameters. **Food Engineering Reviews**, v. 5, n. 2, p. 107-122, 2013.

SANTOS, Danyelle Khadydja F. et al. Biosurfactants: Multifunctional biomolecules of the 21st century. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 3, p. 1–31, 2016.

SANTOS, E. F. et al. Production of a new lipoprotein biosurfactant by *Streptomyces* sp. DPUA1566 isolated from lichens collected in the Brazilian Amazon using agroindustry wastes. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 142-150, 2019.

SANTOS, Jessica Janzen; MARANHO, Leila Teresinha. Rhizospheric microorganisms as a solution for the recovery of soils contaminated by petroleum: A review. **Journal of environmental management**, v. 210, p. 104-113, 2018.

SATPUTE, S.K. et al. Multiple roles of biosurfactants in biofilms. **Current Pharmaceutical Design**, v. 22, 1429–1448, 2016.

SATPUTE, Surekha K. et al. Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers: a review. **Critical reviews in biotechnology**, v. 30, n. 2, p. 127-144, 2010.

SATPUTE, S. K. et al. Assessment of different screening methods for selecting biosurfactant producing marine bacteria. 2008.

SCHIPPER, Maria Anna Agnes. **A study on variability in *Mucor hiemalis* and related species**. Centraalbureau voor Schimmelcultures, 1973.

SEKHON-RANDHAWA, K. K. Biosurfactants produced by genetically manipulated microorganisms: challenges and opportunities. **Biosurfactants**. CRC Press, Boca Raton, p. 49-67, 2014.

SELLAMI, Mohamed et al. Agro-industrial waste based growth media optimization for biosurfactant production by *Aneurinibacillus migulanus*. **The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 5, n. 6, p. 578, 2016.

SHAFIEI Z, et al. Surface active components: review. **Current Research Journal of Biological Sciences**, n. 6, v. 2, p. 89–95, 2014.

SHARMA, Deepak et al. Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* DSVP20 isolated from petroleum hydrocarbon-contaminated soil and its physicochemical characterization. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 22, p. 17636-17643, 2015.

SHETE, A. M. et al. Mapping of patents on bioemulsifier and biosurfactant: a review. 2006.

SIL, J.; DANDAPAT, P.; DAS, S. Health care applications of different biosurfactants: Review. **International Journal of Science and Research**, n. 6, v. 10, p. 41---50, 2017.

SILVA, Nadielly et al. Biosurfactant-and-bioemulsifier produced by a promising *Cunninghamella echinulata* isolated from caatinga soil in the northeast of Brazil. **International journal of molecular sciences**, v. 15, n. 9, p. 15377-15395, 2014.

SILVA SOARES, R. C. F. et al. Production, formulation and cost estimation of a commercial biosurfactant. **Biodegradation**, 2018.

SINGH, MANJEET; DESAI, J. D. Hydrocarbon emulsification by *Candida tropicalis* and *Debaryomyces polymorphus*. **Indian journal of experimental biology**, v. 27, n. 3, p. 224-226, 1989.

SINGH, P. Biosurfactant production: emerging trends and promising strategies. **Journal of applied microbiology**, 2018.

SINGH, Ratan; SINGH, Sanjeev Kumar; RATHORE, Dheeraj. Analysis of biosurfactants produced by bacteria growing on textile sludge and their toxicity evaluation for environmental application. **Journal of Dispersion Science and Technology**, p. 1–13, 2019.

SMITH, Euan et al. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated soils in arid environments: evaluation of bioslurry and biopiling techniques. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 101, p. 56-65, 2015.

SMYTH, T. J. P. et al. Isolation and analysis of lipopeptides and high molecular weight biosurfactants. **Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology**, p. 3687-3704, 2010b.

SMYTH, T. J. P. et al. Isolation and analysis of low molecular weight microbial glycolipids. **Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology**, p. 3705-3723, 2010.

SNYDER, Abigail B.; CHUREY, John J.; WOROBO, Randy W. Characterization and control of *Mucor circinelloides* spoilage in yogurt. **International journal of food microbiology**, v. 228, p. 14-21, 2016.

SOUZA, Adriana et al. Waste soybean oil and corn steep liquor as economic substrates for bioemulsifier and biodiesel production by *Candida lipolytica* UCP 0998. **International journal of molecular sciences**, v. 17, n. 10, p. 1608, 2016.

SOUZA, F. A. S. D.; SALGUEIRO, A. A.; ALBUQUERQUE, C. D. C. Production of bioemulsifiers by *Yarrowia lipolytica* in sea water using diesel oil as the carbon source. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 29, n. 1, p. 61-67, 2012.

SOUZA, Paula Monteiro de et al. A biotechnology perspective of fungal proteases. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 2, p. 337-346, 2015.

SPATAFORA, Joseph W. et al. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**, v. 108, n. 5, p. 1028-1046, 2016.

SUN, L.; CAO, X.; LI, M.; ZHANG, X.; LI, X.; CUI, Z. Enhanced bioremediation of lead-contaminated soil by *Solanum nigrum* L. with *Mucor circinelloides*. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 24, v. 10, p. 9681–9689, 2017.

SZULC, Alicja et al. The influence of bioaugmentation and biosurfactant addition on bioremediation efficiency of diesel-oil contaminated soil: feasibility during field studies. **Journal of environmental management**, v. 132, p. 121-128, 2014.

TANG, Jian et al. Removal of heavy metals with sequential sludge washing techniques using saponin: optimization conditions, kinetics, removal effectiveness, binding intensity, mobility and mechanism. **RSC Advances**, v. 7, n. 53, p. 33385-33401, 2017.

TEDERSOO, Leho et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal diversity**, v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.

TULEVA, B. et al. Production and structural elucidation of trehalose tetraesters (biosurfactants) from a novel alkanotrophic *Rhodococcus wratislaviensis* strain. **Journal of applied**

microbiology, v. 104, n. 6, p. 1703-1710, 2008.

UZOIGWE, Chibuzo et al. Bioemulsifiers are not biosurfactants and require different screening approaches. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 245, 2015.

VARJANI, Sunita; UPASANI, Vivek N. Evaluation of rhamnolipid production by a halotolerant novel strain of *Pseudomonas aeruginosa*. **Bioresource technology**, p. 121577, 2019.

VECINO, Xanel et al. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges. **Critical reviews in biotechnology**, v. 37, n. 7, p. 911-923, 2017.

VERGARA, PAULA et al. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **B. CEPPA, Curitiba**, v. 24, n. 1, p. 207-220, 2006.

VIJAYAKUMAR, S.; SARAVANAN, V. Biosurfactants-types, sources and applications. **Res J Microbiol**, v. 10, n. 5, p. 181-92, 2015.

VON Arx, J. On Mucoraceae s. str. and other families of the Mucorales. **Sydowia**, v. 35, p. 10–26, 1982.

WEI, H.; LE, Z.; XIAOJUN, L.; ZONGQIANG, G.; YONGWE, Y.; ZHI, L. Influence of *Mucor mucedo* immobilized to corncob in remediation of pyrene contaminated agricultural soil. **Environmental Engineering Research**, n. 20, v. 2, p. 149–154, 2015.

WILLUMSEN, Pia A.; KARLSON, Ulrich. Screening of bacteria, isolated from PAH-contaminated soils, for production of biosurfactants and bioemulsifiers. **Biodegradation**, v. 7, n. 5, p. 415-423, 1996.

YAZDI, Mojtaba Tabatabaei et al. *Mucor hiemalis*: a new source for uricase production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, n. 4, p. 325-330, 2006.

YE, Shujing et al. Co-occurrence and interactions of pollutants, and their impacts on soil remediation—A review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 16, p. 1528–1553, 2017.

YOUSSEF, Noha H. et al. Comparison of methods to detect biosurfactant production by diverse microorganisms. **Journal of microbiological methods**, v. 56, n. 3, p. 339-347, 2004.

ZADEH, Parvin; MOGHIMI, Hamid; HAMED, Javad. Biosurfactant production by *Mucor circinelloides*: Environmental applications and surface-active properties. **Engineering in Life Sciences**, v. 18, n. 5, p. 317-325, 2018.

ZENATI, Billal et al. A non-toxic microbial surfactant from *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* SdK644 for crude oil solubilization enhancement. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 154, n. February, p. 100–107, 2018.

ZHENG, C. et al. Characterization and emulsifying property of a novel bioemulsifier by *Aeribacillus pallidus* YM-1. **Journal of applied microbiology**, v. 113, n. 1, p. 44-51, 2012.

ZHONG, Hua et al. Transport of bacteria in porous media and its enhancement by surfactants for bioaugmentation: a review. **Biotechnology advances**, v. 35, n. 4, p. 490-504, 2017.

ZHU, Zhenbao et al. Comparison of natural and synthetic surfactants at forming and stabilizing nanoemulsions: Tea saponin, Quillaja saponin, and Tween 80. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 536, p. 80–87, 2019.

Capítulo II

Artigo I

Avaliação de bioemulsificante e biotensoativo produzidos por *Mucor hiemalis* UCP 0039: estudo da caracterização e estabilidade

Manuscrito submetido

Electronic Journal Biotechnology - A1

Avaliação de bioemulsificante e biotensoativo produzidos por *Mucor hiemalis* UCP 0039: estudo da caracterização e estabilidade

I. N. S. Ferreira; A. F. Souza; D. Montero-Rodriguez; D. R. Ribeaux; C. N. Freire; D. M. Sobral; N. S. A. A. Marques; P. N. Dos Santos; G. M. Campos-Takaki; R. F. S. Andrade

¹Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco, 50.050-900 Recife, Pernambuco, Brasil

²Programa Nacional Pós Doutorado-CAPEL, Universidade Católica de Pernambuco, 50050-900 Recife-PE, Brasil.

³Núcleo de Pesquisa em Ciências Ambientais e Biotecnologia, Universidade Católica de Pernambuco, 50050-590, Recife, Pernambuco, Brasil.

Resumo

O presente estudo busca investigar a produção, as características tensoativas e emulsificantes, bem como a estabilidade de duas biomoléculas de interesse industrial conhecidas como bioemulsificante e biotensoativo obtidas pelo fungo filamentosso *Mucor hiemalis* UCP 0039. A produção foi realizada em meio contendo 1% de glutamato de sódio e 5% de óleo de soja pós-fritura como fonte renovável. O cultivo foi realizado com agitação e em condição estática. A tensão superficial, índice de emulsificação, capacidade de dispersão e o efeito na viscosidade de óleos foram avaliados, assim como a carga iônica, composição das biomoléculas e a identificação dos principais grupos funcionais. Em adição, a estabilidade frente a diferentes pH, temperatura e salinidade foi avaliada pela ação dispersante, assim como pela capacidade emulsificante. O bioproduto obtido pelo cultivo sob agitação reduziu a tensão superficial para 32 mN/m e atingiu índice de emulsificação de 96%, caracterizando a obtenção de uma biomolécula tensoativa com capacidade emulsificante. Enquanto o cultivo estático resultou na obtenção de uma biomolécula com tensão superficial de 40 mN/m e índice de emulsificação de 96%, caracterizando a produção de um bioemulsificante. Desta forma, os resultados demonstram que *M. hiemalis* produziu duas biomoléculas distintas sob parâmetros diferenciados, porém no mesmo meio de produção. O biotensoativo (carga catiônica) e o bioemulsificante (carga aniônica) possuem composição glicolipídica, e estabilidade termica, ionica e do pH similar com máxima estabilidade do bioemulsificante para as faixas de temperaturas testadas e máxima estabilidade da ação dispersante nas concentrações de 17

a 25% de NaCl. Nesse sentido, *M. hiemalis* foi capaz de produzir duas biomoléculas que possuem características de estabilidade, ação dispersante e provocam efeito significativo na viscosidade de compostos hidrofóbicos. Vale ressaltar ainda que essas duas biomoléculas classificadas como bioemulsificante e o biotensoativo de composição glicolipídica foram obtidas a partir de um processo econômico, sustentável, eficiente e com potencial para aplicações industriais.

Palavras-chave: Óleo de soja pós-fritura. Tensão superficial. Emulsificação. Fungo filamentosos

INTRODUÇÃO

Surfactantes também conhecidos como tensoativos são compostos solúveis que reduzem a tensão superficial e/ou a tensão interfacial entre dois líquidos imiscíveis, enquanto um emulsificante não necessariamente reduz a tensão superficial para valores significativos, entretanto auxilia na dispersão de gotículas de um líquido imiscível dentro de outro e impede a coalescência (SHETE et al., 2005; UZOIGWE et al., 2015).

Métodos para detecção de tensoativos biológicos em meios de cultura são frequentemente baseados na medição da tensão superficial. Outros métodos incluem colapso da gota, deslocamento de óleo, testes de hemólise e uso do índice emulsificação (IE₂₄) (COOPER; GOLDENBERG, 1987). Normalmente, os bioemulsificantes são mais conhecidos pela emulsificação de líquidos sem alterações significativas na tensão superficial do seu meio de crescimento (UZOIGWE et al., 2015). Além disso, relatos experimentais mostraram que as medidas de tensão superficial e os métodos de triagem de índice de emulsificação não se correlacionam (AMARAL et al., 2006; MONTEIRO et al., 2010; SOUZA et al. 2012). Estes métodos resultam frequentemente na eliminação do bioemulsificante, uma vez que não apresentam alterações significativas na tensão superficial / interfacial e podem gerar resultados negativos durante os testes de rastreio (ELLAIAH et al., 2002).

A composição química de biotensoativos e bioemulsificantes é diferente e esse fato pode contribuir para seus papéis específicos na natureza e nas aplicações biotecnológicas (UZOIGWE et al., 2015). Neste ponto, é importante salientar que a capacidade de reduzir a tensão superficial e interfacial se destaca como o contraste distinto entre biotensoativos e bioemulsificantes, característica especialmente importante para procedimentos precisos de triagem e identificação de caldos de cultura microbiana (UZOIGWE et al., 2015).

Tensoativos e emulsificantes químicos podem ser utilizados em diferentes segmentos industriais, como por exemplo, cosmético, petróleo, têxtil, agricultura, medicina e alimentício. Entretanto essas substâncias químicas causam impactos negativos ao meio ambiente, sendo assim desejável a disponibilidade de uma

alternativa menor ou não-tóxica como os bioemulsificantes e biossurfactantes (SHETE et al., 2005; SANTOS et al., 2016; ALIZADEH-SANI et al., 2018).

Pesquisas sobre as aplicações de biotensoativos e bioemulsificantes na diminuição da poluição ambiental começaram há alguns anos, mas é relevante dar ênfase à relação com o tema pertinente da sustentabilidade (OLASANMI; THRING, 2018). Makkar e Cameotra (2002), destacaram a importância do conceito de “reduzir, reutilizar e reciclar” para a gestão de resíduos, devido a preocupações com a taxa de geração de resíduos perigosos e não perigosos e o custo inerente de tratá-lo e descartá-lo. Os autores enfatizaram a necessidade de produção de biomoléculas custo-efetivas, a fim de lidar com essas preocupações crescentes (OLASANMI; THRING, 2018).

Diversos materiais de resíduos baratos são explorados como substratos para a produção de biotensoativos, trazendo assim uma estratégia eficaz de redução de custos, juntamente com a tão necessária gestão de resíduos (BANAT et al., 2014). O uso de resíduos industriais para a produção de compostos valiosos assume importância nos últimos tempos, não apenas na economia de qualquer processo de produção comercial, mas também no estabelecimento de um esforço sustentável para o gerenciamento eficaz dos resíduos gerados sem precedentes (PATIL; RAO 2015).

O *Mucor hiemalis* é um fungo filamentoso, dimórfico amplamente destacado na literatura pelo seu potencial biotecnológico, principalmente em relação à produção de enzimas e bioetanol. Entretanto, ainda são poucos os estudos relacionando o micro-organismo à produção de biotensoativos e bioemulsificantes.

Nesse sentido, o presente estudo objetiva a produção de biotensoativo e bioemulsificante por *Mucor hiemalis* UCP 0039 utilizando óleo de soja pós fritura como fonte de carbono, avaliando as características tensoativas das biomoléculas e suas respectivas estabilidades frente a diferentes fatores ambientais, gerando produtos eficientes e economicamente viáveis para uma futura aplicação industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Micro-organismo

O micro-organismo utilizado foi o *Mucor hiemalis* UCP 0039 fornecido pela Coleção de Culturas (Universidade Católica de Pernambuco) registrado no World Federation Culture Collection (WFCC).

Substrato renovável

O substrato renovável utilizado para a produção das biomoléculas foi o óleo de soja pós-fritura, obtido do comércio alimentício local.

Preparação do Inóculo

Esporos jovens de *Mucor hiemalis* foram transferidos para frascos de Erlenmeyer contendo água estéril. Em seguida, foi realizado a contagem dos esporos até a obtenção de 10^7 esporos/mL. 5% da suspensão de esporos foi utilizada como inóculo nos meios de cultivo.

Deteção da atividade hemolítica

A habilidade de *Mucor hiemalis* UCP 0039 na produção de bioemulsificante e biotensoativo foi detectada preliminarmente pelo teste de atividade hemolítica de acordo com Mahjoubi et al (2013). Esporos do micro-organismo foram inoculados no centro de uma placa contendo meio ágar-sangue e incubados a 28 °C por 96 h. O experimento foi monitorado a cada 24h (MAHJOUBI et al., 2013).

Produção de biosurfactante e bioemulsificante

A produção do biotensoativo e bioemulsificante foi investigada em único meio de cultivo constituído por 1% de glutamato de sódio (fonte de nitrogênio) e 5% de óleo de soja pós-fritura (fonte de carbono) em solução de sais (1 g/L de NH_4NO_3 , 0,2 g/L de KH_2PO_4 , 0,2 g/L de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) de acordo com o meio proposto por Pele et al (2018). No entanto, modificações no tamanho do inóculo e agitação foram realizadas conforme descrito em Tabela 1 (Pele et al 2018 modificada). Após os processos

fementativos os líquidos metabólicos foram submetidos a filtração, seguido de centrifugação (10.000 × g por 15 min), para remoção das células.

Tabela 1 - Parâmetros para investigar a produção de biotensoativo e bioemulsificante por *Mucor hiemalis*

Inóculo (%)	Rotação (rpm)	Referências
5	150	Pele et al., (2018)
1	0	Pele et al., (2018) modificada

Determinação da tensão superficial (TS)

Após os cultivos de *Mucor hiemalis*, as tensões superficiais dos líquidos metabólicos livre de células foram realizadas utilizando o anel Du NOUY em tensiômetro automático (modelo Sigma 70 KSV Ltd, Finland). As medidas foram realizadas em triplicata.

Determinação do Índice de emulsificação (IE)

A capacidade de formar emulsões foi avaliada pelo índice de emulsificação (IE) após 24h seguindo o método de Cooper e Goldenberg (1987). Os substratos hidrofóbicos utilizados foram o óleo de motor e óleo de motor queimado na proporção 1:1 (óleo/líquido metabólico). As medidas foram realizadas em triplicata.

Determinação do tipo da emulsão formada

A emulsão foi caracterizada utilizando microscópio óptico campo claro. Após homogeneização das amostras, uma alíquota da emulsão foi transferida para lâmina com auxílio de pipeta de Paster e visualizada em microscópio com aumento de 10x. Características como estado da agregação e tipo da emulsão foram analisados.

Teste de dispersão de óleo em água

A habilidade das biomoléculas em dispersar óleo queimado de motor em água foi avaliada. Em placa de Petri foi adicionado 40mL de água destilada, 1mL de óleo queimado de motor e 0,5mL dos líquidos metabólicos livre de células. A área de deslocamento de óleo (ADO) foi obtida de acordo com a Equação (1) (PELE et al., 2018):

(Eq. 1)

$$ADO = 3.14 \times r^2$$

Influência na viscosidade em compostos hidrofóbicos

A influência da ação do biotensoativo e do bioemulsificante produzidos por *Mucor hiemalis* UCP 0039 na viscosidade de derivado do petróleo (óleo queimado de motor) e óleo vegetal (óleo de soja) foi investigada. Os resultados foram expressos em centipoise (Cp) e em porcentagem (%). Para tanto, volume fixo de 6 mL do óleo queimado de motor foi inserido em tubos graduados adicionado de 2mL do líquido metabólico livre de células contendo o biotensoativo/bioemulsificante. As leituras da viscosidade foram realizadas a temperatura de 25 °C utilizando viscosímetro padrão (Brookfield (Middleboro, MA, USA) TC 500), com spinder n° 42 a 50 rpm. As amostras foram homogeneizadas em vórtex durante 1 minuto e alíquotas da emulsão avaliada em viscosímetro (SILVA et al., 2014).

Extração do biotensoativo e do bioemulsificante

As biomoléculas produzidas por *Mucor hiemalis* foram isoladas dos líquidos metabólicos livre de células usando o método de precipitação com acetona na proporção de 1: 1 (v / v) conforme Paraszkievicz et al. (2006). O precipitado foi deixado e repouso durante 24 h a 4°C, após esse período foi centrifugado a 4000 rpm durante 15 min, a 5°C.

Determinação da carga iônica e dos grupos funcionais

A identificação da carga iônica foi investigada pelo potencial zeta com o equipamento Zeta-Meter system 3.0 + ZM3-DG Direct Imaging, Zeta Meter, Inc., EUA. Enquanto os grupos funcionais foram identificados pela técnica de espectroscopia ao raio

infravermelho. Espectros infravermelhos foram registrados em um sistema FTIR Mattson 1000 FT-England dentro da faixa de 500-4000 cm^{-1} números de onda.

Determinação da composição bioquímica

A composição bioquímica das biomoléculas foi investigada pelo teor de proteínas totais, carboidratos totais e lipídeos totais. Para quantificar o teor de proteínas totais, foi utilizado o kit Diagnostic S.A. Brazil, enquanto os carboidratos totais foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Dubois (1956). A quantidade de lipídeos do biotensoativo foi determinada usando o método proposto por Manocha, San-Blas e Centeno (1980).

Estabilidade da ação dispersante

A fim de avaliar a estabilidade da ação dispersante das biomoléculas, os líquidos metabólicos foram submetidos a modificações de parâmetros como pH (2, 4, 6, 8, 10 e 12), temperatura (5, 10, 20, 40, 80 e 100°C) e concentração de NaCl (0, 5, 10, 15, 20 %). Posteriormente, as amostras contendo o biossurfactante e o bioemulsificante foram submetidas ao teste da área de deslocamento de óleo (ADO).

Estabilidade capacidade emulsificante

A estabilidade da capacidade emulsificante foi avaliada pelo teste do índice de emulsificação utilizando o bioemulsificante. As amostras foram submetidas a variações de pH (2, 4, 6, 8, 10 e 12), temperatura (5, 10, 20, 40, 80 e 100°C) e concentração de NaCl (0, 5, 10, 15, 20 %) e em seguida as amostras foram submetidas ao índice de emulsificação (IE).

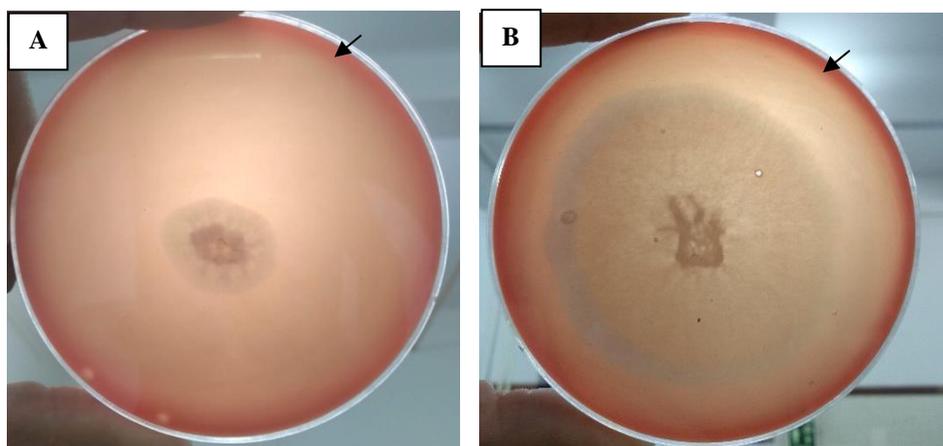
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade hemolítica como resposta para o potencial de *Mucor hiemalis* na produção de biomolécula tensoativa

O potencial de *Mucor hiemalis* UCP 0039 na produção de biomolécula tensoativa foi detectado preliminarmente pela atividade hemolítica. Deste modo, o resultado demonstrou nas primeiras 24 horas (Figura 1A) o aparecimento da zona

clara (25 mm) ao redor da colônia, e as 96 horas (Figura 1B) a formação de halo com dimensão de 69 mm. Pele et al (2018) identificaram espécies de *Rhizopus* isolados do solo da Caatinga para produção de biossurfactante após detectar a formação de halo de 40 mm de diâmetro. Portanto, a resposta obtida pelo teste de hemólise neste trabalho é significativa por ser atividade hemolítica um teste preliminar qualitativo descrito por muitos trabalhos que determinaram a habilidade de micro-organismos na produção de biotensoativos (SIEGMUND; WAGNER, 1991; SARAVANAN; VIJAYAKUMAR, 2012; VARJANI; UPASANI 2019).

Figura 1: Detecção do potencial de *Mucor hiemalis* UCP 0039 na produção de biossurfactante por atividade hemolítica: (A) hemólise após 24h e (B) hemólise após 96h



Fonte: o autor (2019)

Produção de biotensoativo e bioemulsificante por *Mucor hiemalis* utilizando óleo pós-fritura em cultivo submerso

Mucor hiemalis UCP 0039 foi capaz de metabolizar os componentes do meio de produção (1% de glutamato de sódio e 5% de óleo de soja pós-fritura em solução de sais) proposto por Pele et al (2018) resultando na produção extracelular de duas biomoléculas com diferentes características tensoativas conforme demonstra a Tabela 2.

No meio com inóculo de 5% e rotação de 150 rpm (Pele et al 2018) ocorreu a produção de 7,73 g/L de um biotensoativo que apresenta significativas propriedades emulsificantes por obter ao final do cultivo tensão superficial de 32 mN/m e índice de

emulsificação de 96%. De acordo com a literatura os valores de tensão superficial abaixo de 35mN/m indicam que o micro-organismo é um eficiente produtor de biotensoativo (HENTATI et al., 2019; JARA; ANDRADE; CAMPOS-TAKAKI, 2013; LIMA et al., 2017). Além disso, estes resultados demonstram que o biossurfactante produzido apresenta significativas propriedades emulsificantes, uma vez que Willumsen e Karlson (1997) consideram valores significativos acima de 50% de emulsificação.

Por outro lado, com inóculo de 1% e em condição estática (Pele e colaboradores 2018 modificada) *M. hiemalis* produziu 1,17g/L de um bioemulsificante com potencial de redução da tensão superficial para 40mN/m e índice de emulsificação de 98%. Esses resultados estão de acordo com Rahman, et al. (2015) ao afirmarem que os bioemulsificantes não são capazes de provocar alterações significativas na redução da tensão superficial entre líquidos, além de apresentar elevada atividade emulsificante.

Tabela 2 - Produção de biotensoativo e bioemulsificante por *Mucor hiemalis*

Condições		Resultados			
Inóculo (%)	Rotação (rpm)	Tensão superficial (mN/m)	Índice de emulsificação (%- IE24)	Rendimento (g/L)	Biomolécula Produzida
5	150	32	96	7,73	Biossurfactante
1	0	40	98	1,17g	Bioemulsificante

Vale ressaltar ainda que neste trabalho, a produção do biossurfactante e do bioemulsificante foi realizada em meio contendo óleo de soja pós-fritura como única fonte de carbono. Portanto, os resultados obtidos neste estudo foram comparados aos publicados recentemente utilizando o óleo de soja pos fritura como fonte de carbono. Nota-se que, os biossurfactantes citados possuem capacidade de formar emulsões estáveis após 24h. Além disso, é possível afirmar que os valores da tensão superficial

citados na literatura corroboram com o presente estudo por demonstrar valores de tensão superficial em torno de 31 – 36 mN/m (Tabela 3).

Tabela 3 – Tensões superficiais (TS) e Índice de emulsificação (IE) dos biotensoativos produzidos utilizando óleo de soja pós- fritura como fonte de carbono descritas na literatura em comparação com o presente estudo

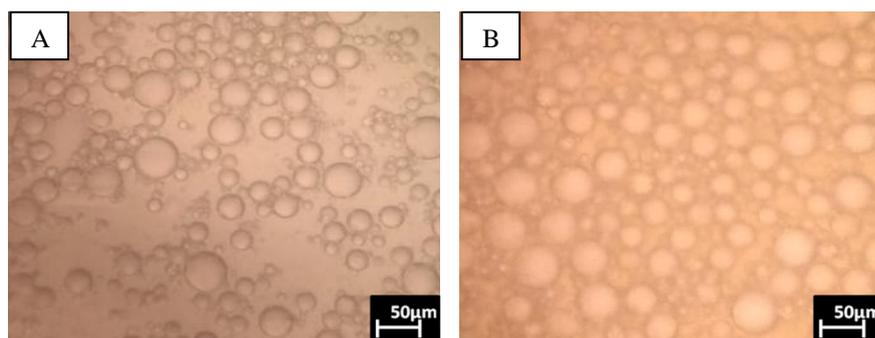
Micro-organismos	Óleo de soja pós-fritura como fonte de carbono (%)	Tensão superficial (mN/m)	Índice de emulsificação %-IE24 (OQM)	Referências
<i>Mucor hiemalis</i>	5	32,0	96	Neste estudo
<i>C.echinulata</i>	2	31.7	-	Souza et al. (2018)
<i>C. echinulata</i>	0,5	32,4	81,4	Andrade et al., (2015)
<i>Rhizopus arrhizus</i> UCP 1607	5	31,8	79,4	Pele et al., (2019)
<i>R. arrhizus var. arrhizus</i> UCP 1295	5	35,0	69,0	Pele et al., (2018)
<i>R. microsporus var. chinensis</i> UCP 1296	5	33,3	91,7	Pele et al., (2018)
<i>C. echinulata</i>	3	36,0	80,0	Andrade Silva et al., (2018)
Surfactante sintético	Derivado do petróleo	36,0	64,0	Christofi and Ivshina (2002)

Caracterização das emulsões formadas pelo biotensoativo e bioemulsificante de *M. hiemalis*

As emulsões formadas pelo biotensoativo e bioemulsificante de *M. hiemalis* foram visualizadas em microscópio óptico de campo claro, caracterizadas quanto o estado de agregação das gotículas e ao tipo de emulsão formada após uso do óleo queimado de motor como substrato hidrofóbico (Figura 2).

De acordo com os resultados obtidos o biotensoativo favoreceu a formação de emulsões do tipo óleo em água (O/A), com gotículas de aspecto globoso, estáveis termodinamicamente e heterogênea (Figura 2A). As mesmas características foram identificadas no bioemulsificante, com o diferencial da presença do maior número de gotículas do tipo óleo em água (A/O) quando comparada a emulsão do biotensoativo (Figura 2B). Esses dados estão de acordo com Andrade (2009) que caracteriza as emulsões como do tipo O/A quando as gotículas de óleo (fase dispersa) estão suspensas na fase aquosa (contínua).

Figura 2 - Imagem microscópica (aumento de 40x) das gotículas da emulsão formada pelo biotensoativo (A) e pelo bioemulsificante (B) de *M. hiemalis*



Fonte: o autor (2019)

Identificação da carga iônica, composição química e grupos funcionais

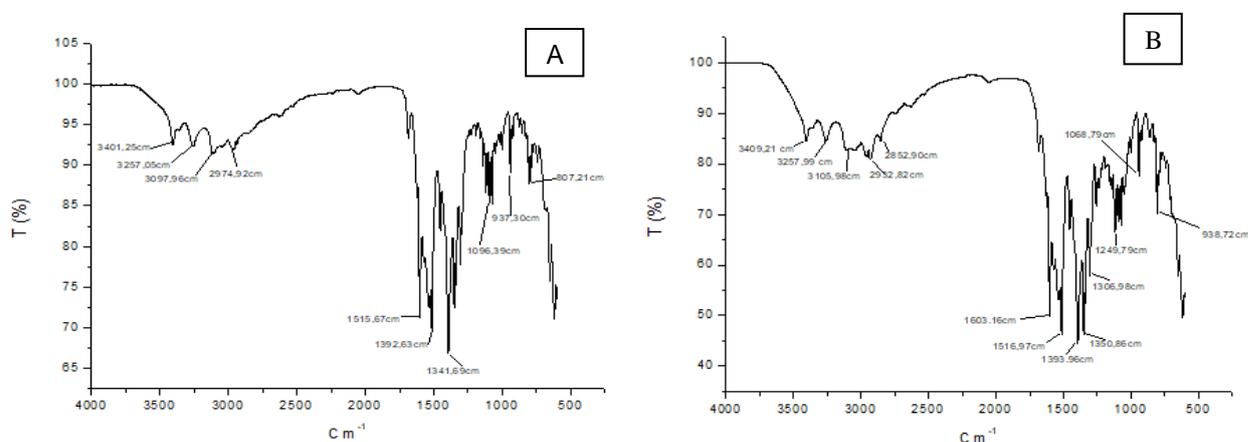
O biotensoativo de *M. hiemalis* demonstrou na região hidrofílica carga positiva após análise do potencial Zeta com +28,6 ZPmV, 1778 $\mu\text{S} / \text{cm}$ a 23,9 °C, indicando

que é um tensoativo catiônico. Enquanto o bioemulsificante demonstrou carga negativa e perfil aniônico.

Por outro lado, os resultados da composição bioquímica indicam que o biotensoativo e o bioemulsificante pertencem a classe dos glicolípdeos. O referido resultado é justificado pela composição de 56% de lipídeos, 30% de carboidratos e 6% de proteínas para o biossurfactante, enquanto para o bioemulsificante os constituintes obtidos foram 48% de lipídeos, 38 % carboidratos e 7,2 proteínas.

Os grupos funcionais presentes no biotensoativo (Figura 3A) são similares aos do bioemulsificante (Figura 3B) conforme demonstra os espectros FT-IR. As duas biomoléculas exibiram similaridade nas bandas de absorção com picos entre 3401-2974 cm^{-1} indicando a presença de vibrações de estiramento C-H de grupos funcionais CH_3 e $=\text{CH}_2$, geralmente de ácidos graxos, o que confirma a presença de lipídeos na região hidrofóbica das biomoléculas. Os grupamentos funcionais da região hidrofílica foram identificados pela presença de vibrações em 1000-1200 cm^{-1} com vibrações de estiramento C–O–C e C–O–P de vários oligo e polissacarídeos. A presença dos picos 1300-1800 cm^{-1} indicam a presença de estiramento $=\text{CH}_2$ e $-\text{CH}$ característicos de lipídios e proteínas (FORATO et al., 2013). Portanto, pode-se afirmar que os espectros FT-IR para o biotensoativo e bioemulsificante de *M. hiemalis* são diferenciados pela predominância de picos característicos de proteínas na composição do biossurfactante (Figura 3).

Figura 3 - Identificação dos grupos funcionais do biotensoativo (A) e bioemulsificante (B) de *M. hiemalis* analisados por espectrometria ao raio infravermelho

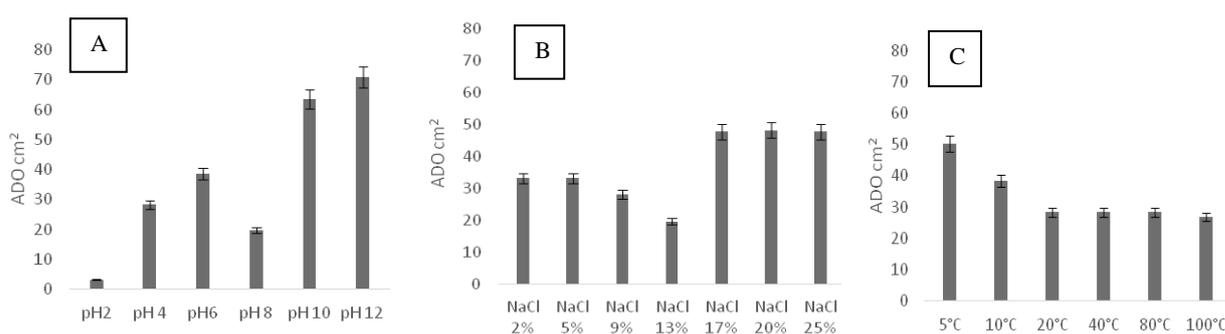


Estabilidade térmica, iônica e do pH avaliados pela ação dispersante (ADO)

A habilidade de dispersão do biotensoativo e do bioemulsificante foram estimados pela área dispersa do óleo (cm² ADO) após mudanças nas propriedades físico-química do líquido metabólico contendo as biomoléculas. De acordo com os resultados, o biotensoativo manteve estabilidade em pH alcalino (pH 10 e 12) (Figura 4A), na concentração de 17 a 25% de NaCl (Figura 4B) e na temperatura de 5°C (Figura 4C) quando comparados a ação do biotensoativo (controle) presente no líquido metabólico sem modificações (50,24 cm² ADO).

Esses resultados indicam que o biotensoativo de *M. hiemalis*, nas condições de estabilidade deste trabalho, é capaz de manter as partículas insolúveis do óleo em suspensão na água, impedindo que se agreguem umas às outras. Adicionalmente, a ação do bioemulsificante no líquido metabólico sem modificações (controle) não foi significativa por deslocar apenas 19,63 cm² (ADO) do óleo queimado de motor. Portanto, para o bioemulsificante não foi realizado o teste de estabilidade para ação dispersante

Figura 4 – Estabilidade do pH (A), iônica (B) e térmica (C) avaliados pela ação dispersante do biotensoativo produzido por *Mucor hiemalis* UCP 0039.

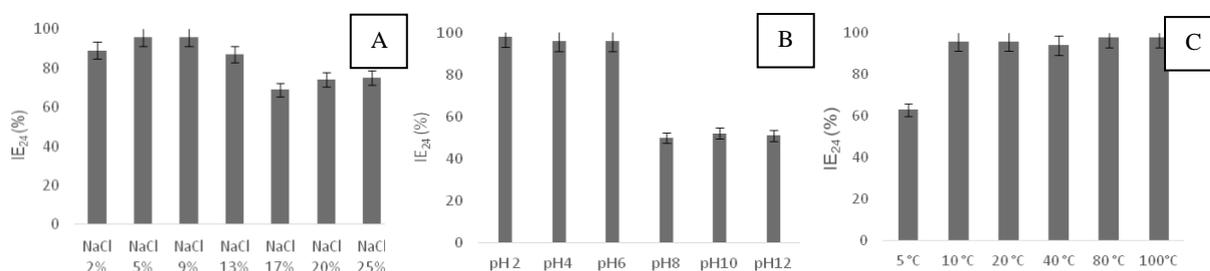


Estabilidade do bioemulsificante avaliado pelo índice de emulsificação (IE₂₄)

A estabilidade foi avaliada após exposição do líquido metabólico contendo o bioemulsificante a elevadas temperaturas, concentrações de NaCl e pH. De acordo

com a Figura 5, é possível notar estabilidade das emulsões formadas com óleo de motor queimado em meio ácido (pH 2 a 6) (Figura 5A). Em relação a concentração de NaCl é possível observar estabilidade até 13% (p/v). Quando avaliada a influência da temperatura é possível notar estabilidade a partir de 10°C em todas as temperaturas (Figura 5C). Nestes, os índices de emulsificação mantiveram-se em torno de 90% (IE₂₄ do líquido metabólico sem modificações-controle).

Figura 5 – Estabilidade iônica (A), do pH (B) e térmica (C) avaliados pelo índice de emulsificação do bioemulsificante produzido por *Mucor hiemalis* UCP 0039



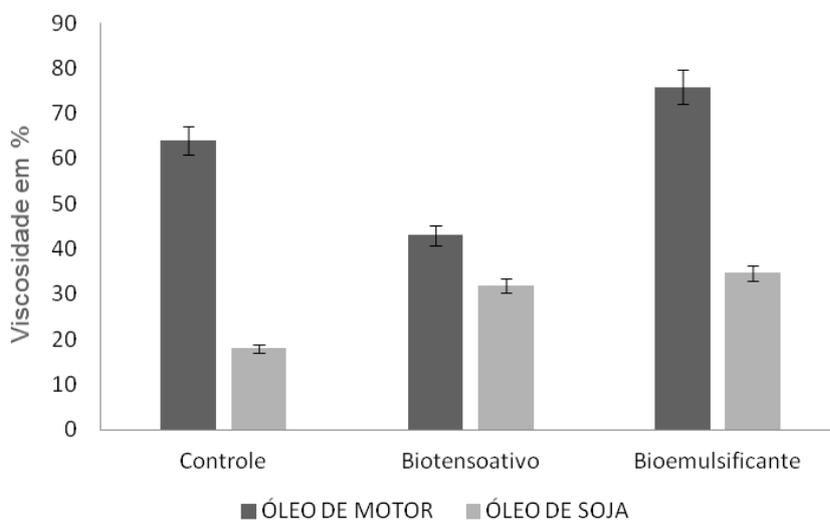
Influência na viscosidade de compostos hidrofóbicos

A Figura 6 demonstra a influência do biotensoativo e do bioemulsificante na viscosidade de óleo de motor e óleo de soja.

Após adição do biotensoativo de *M. hiemalis* UCP 0039 foi possível observar redução na viscosidade do óleo de motor de 83 cP para 55 cP (correspondente a 43%), por outro lado, a viscosidade do óleo de soja aumentou de 23 cP para 43 cP (correspondente a 34%). Esses efeitos indicam que o biotensoativo pode ser utilizado em diferentes áreas da indústria, pois possui habilidade de aumentar a viscosidade de óleo sintético, bem como reduzir a viscosidade de óleo vegetal.

Em contrapartida, após adição do bioemulsificante, a viscosidade do óleo motor aumentou de 83 para 96,8 cp (correspondente a 75,8%) e a do óleo de soja aumentou de 23 para 45,2 cP (correspondente a 34,7%). O aumento da viscosidade dos óleos devido a influência do bioemulsificante pode ser justificado pela ação do mesmo na dispersão de gotículas do líquido metabólico no óleo impedindo a coalescência.

Figura 6- Influência do biotensoativo e do bioemulsificante de *Mucor hiemalis* na viscosidade compostos hidrofóbicos



CONCLUSÕES

O *Mucor Hiemalis* demonstrou ser um eficiente micro-organismo capaz de produzir biotensoativo e bioemulsificante de composição glicolipídica em único meio de cultivo cuja fonte de carbono utilizada (óleo de soja pós-fritura) foi de origem renovável. Além disso, o sucesso na produção do bioemulsificante, na ausência de agitação, favorece a sua produção em escala industrial. Nesse sentido, é possível afirmar que a *Mucor hiemalis* foi capaz de produzir bioemulsificante e biotensoativo que atendem aos requisitos básico da sustentabilidade e agregam valor por serem estes a matéria-prima principal para obtenção de produtos diariamente produzidos em diversos setores industriais.

REFERÊNCIAS

- ALIZADEH-SANI, Mahmood et al. Bioemulsifiers derived from microorganisms: applications in the drug and food industry. **Advanced pharmaceutical bulletin**, v. 8, n. 2, p. 191, 2018.
- AMARAL, P. F. F. et al. Production and characterization of a bioemulsifier from *Yarrowia lipolytica*. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 8, p. 1894-1898, 2006.
- ANDRADE, Rosileide FS et al. Promising biosurfactant produced by *Cunninghamella echinulata* UCP 1299 using renewable resources and its application in cotton fabric cleaning process. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2018, 2018.
- ANDRADE SILVA, Nadielly R. et al. Biosurfactant-and-bioemulsifier produced by a promising *Cunninghamella echinulata* isolated from coating soil in the Northeast of Brazil. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 9, p. 15377–15395, 2014.
- BANAT, Ibrahim M. et al. Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, p. 697, 2014.
- COOPER, David G.; GOLDENBERG, Beena G. Surface-active agents from two *Bacillus* species. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 53, n. 2, p. 224-229, 1987.
- CHRISTOFI, N.; IVSHINA, I. B. Microbial surfactants and their use in field studies of soil remediation. **Journal of Applied Microbiology**, v. 93, n. 6, p. 915-929, 2002.
- DUBOIS, Michel et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.
- ELLAIAH, P. et al. Production of glycolipids containing biosurfactant by *Pseudomonas* species. 2002.
- FORATO, Lucimara A. et al. Propriedades mecânicas e molhabilidade de filmes de zeínas extraídas de glúten de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 42-48, 2013.
- HENTATI, Dorra et al. Production, characterization and biotechnological potential of lipopeptide biosurfactants from a novel marine *Bacillus stratosphericus* strain FLU5. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, n. May 2018, p. 441–449, 2019.
- JARA, Alícia M. A. T.; ANDRADE, Rosileide F. S.; CAMPOS-TAKAKI, Galba M. Physicochemical characterization of tensio-active produced by *Geobacillus stearothermophilus* isolated from petroleum-contaminated soil. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 101, p. 315–318, 2013.
- LIMA, Roberto A. et al. Production and characterization of biosurfactant isolated from *Candida glabrata* using renewable substrates. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 6, p. 237-244, 2017.
- MAHJoubi, Mouna et al. Hydrocarbonoclastic bacteria isolated from petroleum contaminated sites in Tunisia: isolation, identification and characterization of the biotechnological potential. **New biotechnology**, v. 30, n. 6, p. 723-733, 2013.

MAKKAR, R. S.; CAMEOTRA, Swaranjit Singh. Effects of various nutritional supplements on biosurfactant production by a strain of *Bacillus subtilis* at 45 C. **Journal of surfactants and detergents**, v. 5, n. 1, p. 11-17, 2002.

MANOCHA, M. S.; SAN-BLAS, G.; CENTENO, Sonia. Lipid composition of *Paracoccidioides brasiliensis*: possible correlation with virulence of different strains. **Microbiology**, v. 117, n. 1, p. 147-154, 1980.

MONTEIRO, Andrea de Souza et al. Identification and characterization of bioemulsifier-producing yeasts isolated from effluents of a dairy industry. **Bioresource technology**, v. 101, n. 14, p. 5186-5193, 2010.

OLASANMI, Ibukun; THRING, Ronald. The role of biosurfactants in the continued drive for environmental sustainability. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4817, 2018.

PARASZKIEWICZ, Katarzyna et al. Structural identification of lipopeptide biosurfactants produced by *Bacillus subtilis* strains grown on the media obtained from renewable natural resources. **Journal of environmental management**, v. 209, p. 65-70, 2018.

PATIL, Yogesh; RAO, Prakash. Industrial waste management in the era of climate change: a smart sustainable model based on utilization of passive biomass. **Handbook of Climate Change Adaptation**, p. 2079-2092, 2015.

PELE, Milagre A. et al. Development and improved selected markers to biosurfactant and bioemulsifier production by *Rhizopus* strains isolated from Caatinga soil. **African Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 6, p. 150-157, 2018.

PELE, Milagre A. et al. Conversion of renewable substrates for biosurfactant production by *Rhizopus arrhizus* UCP 1607 and enhancing the removal of diesel oil from marine soil. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 38, p. 40–48, 2019.

SANTOS, Danyelle Khadydja F. et al. Biosurfactants: Multifunctional biomolecules of the 21st century. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 3, p. 1–31, 2016.

SARAVANAN, V.; VIJAYAKUMAR, S. Isolation and screening of biosurfactant producing microorganisms from oil contaminated soil. **J. Acad. Indus. Res**, v. 1, n. 5, p. 264-268, 2012.

SHETE, A. M. et al. Mapping of patents on bioemulsifier and biosurfactant: a review. 2006.

SIEGMUND, Inka; WAGNER, Fritz. New method for detecting rhamnolipids excreted by *Pseudomonas* species during growth on mineral agar. **Biotechnology Techniques**, v. 5, n. 4, p. 265-268, 1991.

SILVA, Nadielly et al. Biosurfactant-and-bioemulsifier produced by a promising *Cunninghamella echinulata* isolated from caatinga soil in the northeast of Brazil. **International journal of molecular sciences**, v. 15, n. 9, p. 15377-15395, 2014.

SOUZA, F. A. S. D.; SALGUEIRO, A. A.; ALBUQUERQUE, C. D. C. Production of bioemulsifiers by *Yarrowia lipolytica* in sea water using diesel oil as the carbon source. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 29, n. 1, p. 61-67, 2012.

UZOIGWE, Chibuzo et al. Bioemulsifiers are not biosurfactants and require different screening

approaches. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 245, 2015.

VARJANI, Sunita; UPASANI, Vivek N. Evaluation of rhamnolipid production by a halotolerant novel strain of *Pseudomonas aeruginosa*. **Bioresource technology**, p. 121577, 2019.

WILLUMSEN, Pia A.; KARLSON, Ulrich. Screening of bacteria, isolated from PAH-contaminated soils, for production of biosurfactants and bioemulsifiers. **Biodegradation**, v. 7, n. 5, p. 415-423, 1996.

CAPÍTULO III

CONCLUSÕES GERAIS

- O *Mucor hiemalis* apresentou potencial biotecnológico na conversão de óleo de soja pós-fritura em bioemulsificante e biotensoativo de composição glicolipídica;
- O bioemulsificante e biotensoativo produzidos possuem propriedades físico-química peculiares aos quimicamente sintetizados;
- As emulsões formadas pelo bioemulsificante de *M. hiemalis* possuem estabilidade térmica;
- O biotensoativo produzido por *M. hiemalis* possui estabilidade da ação dispersante em pH alcalino;
- O biotensoativo possui significativa propriedade de agir na redução da viscosidade de derivado do petróleo;
- A produção do bioemulsificante e biotensoativo por *M. hiemalis* atende aos requisitos básico da sustentabilidade.

ANEXOS

NORMAS DO ARTIGO

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

For details on structure revise section [Content Types](#).

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Short title.** Provide a short title having no more than 80 characters including spaces. This will be used for metadata.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, and also post-publication. If possible, indicate an alternative e-mail for contact. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author. The Corresponding author is responsible that every coauthor has contributed to the ms and has accepted to publish the manuscript.
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Changes to authorship

Modifications to authorship are not allowed, this policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts.

Abstract

The abstract of the manuscript should not exceed 250 words and must be structured into separate sections: **Background**, the context and purpose of the study; **Results**, the main findings; **Conclusions**, brief summary and potential implications. Please minimize the use of abbreviations and do not cite references in the abstract.

In case of review articles, the abstract should be submitted as one section.

Keywords

Authors must provide between four and eleven keywords, **which must not be part of the title of the paper**. Also Keywords will be added in order to improve manuscript visibility.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements and financial support

Indicate Acknowledgments and Financial support in separate sections at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List in acknowledgments those individuals who provided help during the research (e.g., providing language or writing assistance, or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI) (<http://physics.nist.gov/Pubs/SP330/sp330.pdf>). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. Authors wishing to present a table of nomenclature should do so on the second page of their manuscript.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

References

For original articles (research, short communications), at least 75% of the references must be from the [Science Citation Index Expanded](#) and at the same time from the last decade. Also **the DOI number must be included** at the end of each reference.

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). References en abstract should be avoid. Unpublished results; personal communications and thesis are not allowed.. Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/electronic-journal-of-biotechnology>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: Indicate references by number(s) in square brackets in line with the text. The actual authors can be referred to, but the reference number(s) must always be given.

Example: '..... as demonstrated [3,6]. Barnaby and Jones [8] obtained a different result'

Reference section: Number the references (numbers in square brackets) in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

[1] Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. J Sci Commun 2000;163:51-9. Doi: <http://dx.doi.org/doi>.

Reference to a book:

[2] Strunk Jr W, White EB. The elements of style. 3rd ed. New York: Macmillan; 1979.

Reference to a chapter in an edited book:

[3] Mettam GR, Adams LB. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones BS, Smith RZ, editors. Introduction to the electronic age. New York: E-Publishing Inc; 1999, p. 281-304.

For more than 6 authors the first 6 should be listed followed by 'et al.'

IMPORTANT: Please provide the article's Digital Object Identifier (DOI) at the end of each reference in the following format: e.g. <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue5-fulltext-12>

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to:

Web of Science Journal Title Abbreviations: http://images.webofknowledge.com/WOK46/help/WOS/A_abrvjt.html

CAS Source Index (CASSI) Search Tool: <http://cassi.cas.org/search.jsp>

NLM Catalog: Journals referenced in the NCBI Databases: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired size of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available at: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):
EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.
TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color, then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., Science Direct and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

The figures (photographs, drawings) must be numbered with Arabic numerals. Footnotes can be included below the figure.

Figures that include more than one image should be labeled as a, b, c, etc. (lower case, use black or white bold according to the figure).

Example:

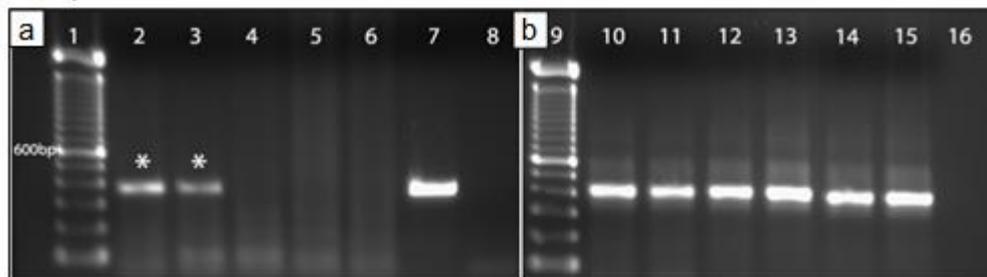


Fig. 2. Genotyping of founder animals. (a) PCR amplification of DNA samples obtained from weaned pups, using primers for luciferase gene (lanes 2 to 8, amplification product 380 bp) and (b) internal control primers for GAPDH gene (lanes 10 to 16, amplification product 410 bp). DNA from a luciferase transgenic mouse and from a wild-type C57BL/6 mouse was used as template for positive controls (lane 7 and 15). Lanes 8 and 16 are negative controls (no DNA). Lane 1: 100 bp ladder (Invitrogen).

Graphs

Graphs should be cited as figures and must be numbered with Arabic numerals. Footnotes can be included below the figure.

Graphs that include more than one image should be labeled as a, b, c, etc. (Arial lower case). They must be in 2D and have a title. In case they have legend, it must be placed below the image. They should be built with Arial font and in the colour palette called "Trek" (warm earth colours). Graphs must be send in editable formats (MS excel if possible. We also accept Sigma plot and Origin) in order to make formal changes (colour, fonts, size, etc.).

Examples:

Colum chart:

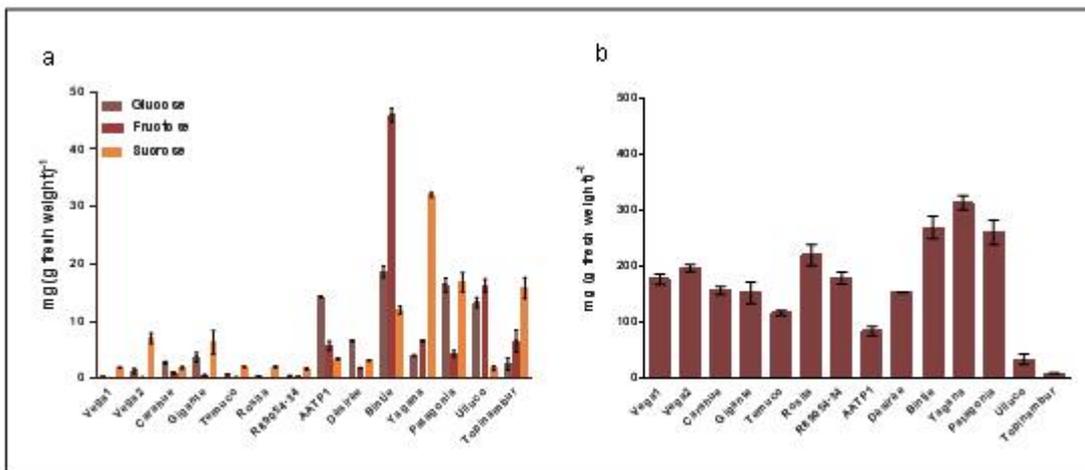


Fig. 2. Carbohydrate levels in diverse tuberous plants. (a) Levels of glucose, fructose, and sucrose in tuber tissue of the given tuberous species and potato varieties. (b) Amount of glucose released upon serial digestion of starch from tuber tissue with alpha-amylase and amyloglucosidase.

Line Chart:

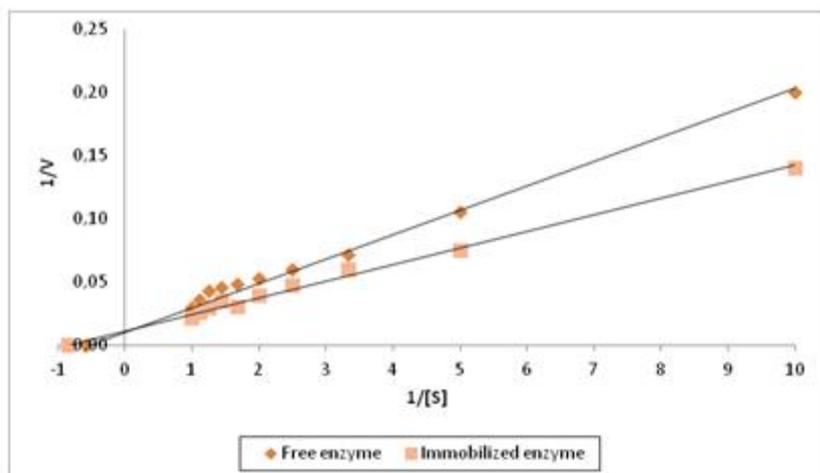


Fig. 11. Lineweaver-Burk plots of free and immobilized CGTase. Results represent the mean of three separate experiments.

Tables

Tables must be numbered with Arabic numerals in the order in which they are cited in the text. They should have a brief descriptive title placed at the top. A short description is also accepted. Avoid vertical rules. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Tables must be sent in Microsoft Word and have no links to the main document or other archives. Provide files at approximately the correct size they are to be printed (letter size).

When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.

Example:

Table 1. *In vitro* determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of ethanol extract of the strain *Janthinobacterium* sp. SMN 33.6 against multi-resistant nosocomial isolates.

Multi-resistant strains	Strain code	MIC ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	MBC ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
<i>A. baumannii</i>	AB-1 (OXA-58*)	1	2
<i>E. coli</i>	EC-325 (ESBL)	0.5	2
<i>E. coli</i>	EC-241 (ESBL)	1	16
<i>K. pneumoniae</i>	KB-503 (ESBL)	16	16
<i>K. pneumoniae</i>	KB-495 (ESBL)	16	16
<i>P. aeruginosa</i>	P-145 (VIM-2*)	1	16
<i>S. marcescens</i>	S-41 (AmpC)	2	2
<i>S. marcescens</i>	S-32 (AmpC)	0.5	2

*carbapenemases; ESBL: extended-spectrum beta-lactamase; AmpC: chromosomal AmpC beta-lactamase.

Video data

We accept video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

AUTHOR INFORMATION PACK 9 Oct 2013 www.elsevier.com/locate/jbiotec 12

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

GenBank/DNA sequence linking

DNA sequences and GenBank Accession numbers: Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the database at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Elsevier authors wishing to enable other scientists to use the accession numbers cited in their papers via links to these sources, should type this information in the following manner:

For each and every accession number cited in an article, authors should type the accession number in bold text. Letters in the accession number should always be capitalized. (See Example 1 below). This combination of letters and format will enable Elsevier's typesetters to recognize the relevant texts as accession numbers and add the required link to GenBank's sequences.

Example 1: "GenBank accession nos. **AI631510**, **AI631511**, **AI632198**, and **BF223228**, a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. **BE675048**), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. **AA361117**)".

Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. An error in a letter or number can result in a dead link. In the final version of the printed article, the accession number text will not appear bold or underlined (see Example 2 below).

Example 2: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228, a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

In the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article.

Comprovantes da produção científica



O trabalho intitulado **DESCOLORAÇÃO DO AZO CORANTE ALARANJADO II USANDO BIOMASSA E QUITOSANA PRODUZIDAS POR CUNNINGHAMELLA PHAEOSPORA EM SUBSTRATOS AGROINDUSTRIAIS**, de autoria de **Ilka Djanira Ferreira do Nascimento**, **Isabela Natália da Silva Ferreira**, **Patricia Nunes dos Santos**, **Thayse Alves de Lima e Silva** e **Galba Maria de Campos Takaki** foi aprovado na modalidade Artigo Científico, para apresentação no evento *XVII Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental & V Fórum Latino-Americano de Engenharia e Sustentabilidade* a ser realizado de 22 de julho de 2019 a 26 de julho de 2019.

João Pessoa - Paraíba - Brasil, 2019

faleconosco.xviieneeamb@gmail.com



O trabalho intitulado **PRODUÇÃO DE BIODISSURFACTANTE POR MUCOR HIEMALIS UCP 0039 UTILIZANDO MEIO ALTERNATIVO DE COMPOSIÇÃO MÍNIMA**, de autoria de **Isabela Natália da Silva Ferreira**, **Camila Freire Novaes**, **Dayana Montero Rodríguez**, **Galba M. Campos Takaki** e **Rosileide Fontenele da Silva Andrade** foi aprovado na modalidade Artigo Científico, para apresentação no evento *XVII Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental & V Fórum Latino-Americano de Engenharia e Sustentabilidade* a ser realizado de 22 de julho de 2019 a 26 de julho de 2019.

João Pessoa - Paraíba - Brasil, 2019

faleconosco.xviieneeamb@gmail.com

Data do Aceite: **22 de junho de 2019**



O trabalho intitulado **POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE MUCOR HIEMALIS UCP 0039 PARA A PRODUÇÃO DE BIOTENSOATIVOS POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO**, de autoria de **Isabela Natália da Silva Ferreira**, **Ilka Djanira Ferreira do Nascimento**, **Adriana Ferreira Souza**, **Galba Maria de Campos Takaki** e **Rosileide Fontenele da Silva Andrade** foi aprovado na modalidade Artigo Científico, para apresentação no evento *XVII Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental & V Fórum Latino-Americano de Engenharia e Sustentabilidade* a ser realizado de 22 de julho de 2019 a 26 de julho de 2019.

João Pessoa - Paraíba - Brasil, 2019

faleconosco.xviieneeamb@gmail.com

Data do Aceite: **22 de junho de 2019**



O trabalho intitulado **PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIOMASSA OLEAGINOSA POR RHIZOPUS ARRHIZUS VAR. ARRHIZUS UCP 1295 UTILIZANDO CENOURA DESCARTADA COMO FONTE DE CARBONO ALTERNATIVA**, de autoria de **Isabela Natália da Silva Ferreira**, **Camila Freire Novaes**, **Adriana Ferreira Souza**, **Rosileide Fontenele da Silva Andrade** e **Galba M. Campos Takaki** foi aprovado na modalidade Artigo Científico, para apresentação no evento *XVII Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental & V Fórum Latino-Americano de Engenharia e Sustentabilidade* a ser realizado de 22 de julho de 2019 a 26 de julho de 2019.

João Pessoa - Paraíba - Brasil, 2019

faleconosco.xviieneemb@gmail.com

Data do Aceite: **22 de junho de 2019**

15/7/2019

Adaltech Soluções para Eventos - www.adaltech.com.br

30º CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA 2019

Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso
De 06 de outubro de 2019 a 09 de outubro de 2019 Maceió - Alagoas

[[Menu Principal](#) / [Menú Principal](#) / [Main Menu](#)]

Prezado(a) Dayana Montero Rodríguez

Carta de Aceite

Declaramos que o resumo submetido por Santos, R. A. ¹, Silva, L.A.R. ¹, Ferreira, I. N. S. ¹, Novaes, C. F. ¹, Santos, P. N. ², França, E. S. ¹, Sobral, D. M. ¹, Montero Rodríguez, Dayana ³, Campos-Takaki, G. M. ³, Lima, M. A. B. ² ¹ UNICAP - Universidade Católica de Pernambuco (Rua do Príncipe 526, Boa Vista, CEP 50050-900, Recife-PE, Brasil), ² UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco (Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil), ³ UNICAP - Universidade Católica de Pernambuco (Rua Nunes Machado 42, Bloco J Térreo, Boa Vista, Recife-PE, Brasil), intitulado **SOLID-STATE FERMENTATION FOR LOW-COST PRODUCTION OF PRODIGIOSIN BY *Serratia marcescens* UCP 1549** foi aceite para apresentação em forma de pôster no **30º Congresso Brasileiro de Microbiologia 2019** que será realizado de 6 a 9 de outubro de 2019 no Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso em Maceió, Alagoas, Brasil.

Área: Microbiologia Industrial e Biotecnologia

Subárea: Processos de obtenção de produtos de origem microbiana: antibióticos, anticorpos, pigmentos, ácidos, enzimas, vacinas, lipídios, biomoléculas em geral

Número do Painel: Em breve

Data de apresentação: Em breve (**NÃO SERÁ POSSÍVEL ALTERAR A DATA DA APRESENTAÇÃO**)

Local: Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso

Prezado(a) Daniel de Morais Sobral

Carta de Aceite

Declaramos que o resumo submetido por SOBRAL, D. M. ¹, MONTERO-RODRÍGUEZ, D. ¹, GOMES, M. D. P. ², RUBIO-RIBEAUX, D. ², FERREIRA, I. N. S. ¹, NOVAES, C. F. ¹, SANTOS, R. A. ¹, NASCIMENTO, I. D. F. ¹, CAMPOS-TAKAKI, G.M. ¹, SANTOS, V. A. ^{1 1} UNICAP - Universidade Católica de Pernambuco (RUA DO PRÍNCIPE, 526 - BOA VISTA, CEP 50050-900, RECIFE-PE, BRASIL), ² UFPE - Universidade Federal de Pernambuco (Rua Nelson Chaves s/n - Cidade Universitária – Recife - PE, 50670-420), intitulado **EFFICIENCY OF DECOLORIZATION OF METHYLENE BLUE USING BIOMASS OF *Cunninghamella echinulata* UCP 1297 OBTAINED IN LOW-COST MEDIUM** foi aceite para apresentação em forma de pôster no **30º Congresso Brasileiro de Microbiologia 2019** que será realizado de 6 a 9 de outubro de 2019 no Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso em Maceió, Alagoas, Brasil.

Área: Microbiologia Ambiental

Subárea: Biodegradação e biorremediação

Número do Painel: 366

Data de apresentação: 7/10/2019 (**NÃO SERÁ POSSÍVEL ALTERAR A DATA DA APRESENTAÇÃO**)

Local: Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso

Quadro geral das apresentações:

Dia 7/10 - Hora: 19:00 às 20:30 - Painéis Nº 01 ao 528

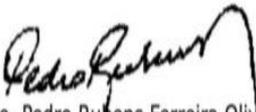
Dia 8/10 - Hora: 19:00 às 20:30 - Painéis Nº 529 ao 1057



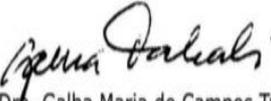
Autores do Trabalho

Isabela Natália da Silva Ferreira
Renata Andréa Santos
Adriana Ferreira Souza
Dayana Montero Rodriguez
Galba Maria campos takaki

Certificamos que o trabalho Avaliação do potencial de *Mucor hiemalis* UCP 0005 para produção de biossurfactante em meio de baixo foi apresentado em Apresentação Painel, durante o I Simpósio de Coleções Biológicas do Nordeste - SCBio, realizado no período de 10/12/2018 a 13/12/2018, na UNICAP - Recife - Pernambuco.


Prof. Dr. Pe. Pedro Rubens Ferreira Oliveira, S.J.
Reitor da Universidade Católica de Pernambuco

Recife, 13 de dezembro de 2018.


Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki
Coordenadora do Evento - SCBIO

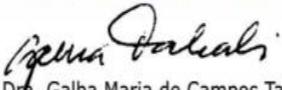


Autores do Trabalho
Renata A. Santos
Isabela N.S. Ferreira
Dayana Montero-Rodríguez
Galba M. Campos-Takaki

Certificamos que o trabalho Avaliação de substratos agroindustriais para a produção de prodigiosina por *Serratia marcescens* UCP foi apresentado em Apresentação Painel, durante o I Simposio de Coleções Biológicas do Nordeste - SCBio, realizado no período de 10/12/2018 a 13/12/2018, na UNICAP - Recife - Pernambuco.


Prof. Dr. Pe. Pedro Rubens Ferreira Oliveira, S.J.
Reitor da Universidade Católica de Pernambuco

Recife, 13 de dezembro de 2018.


Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki
Coordenadora do Evento - SCBio