



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

SONALLY DE OLIVEIRA LIMA

**PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE E BIOEMULSIFICANTE UTILIZANDO A
CASCA DA BANANA POR *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* (UCP 1040)**

**CAMPINA GRANDE – PB
2022**

SONALLY DE OLIVEIRA LIMA

**PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE E BIOEMULSIFICANTE UTILIZANDO A
CASCA DA BANANA POR *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* (UCP 1040)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Biotecnologia.

Orientadora: Prof.(a) Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo.

**CAMPINA GRANDE – PB
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732p Lima, Sonally de Oliveira.
Produção de biossurfactante e bioemulsificante utilizando a casca da banana por *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) [manuscrito] / Sonally de Oliveira Lima. - 2022.
37 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo, Departamento de Química - CCT."

1. Fermentação . 2. Bioativos. 3. Substrato . 4. Resíduos alimentícios. I. Título

21. ed. CDD 579.5

SONALLY DE OLIVEIRA LIMA

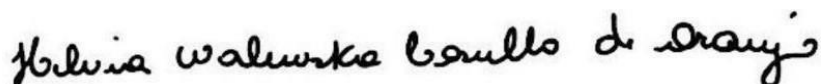
PRODUÇÃO DE BISSURFACTANTE E BIOEMULSIFICANTE UTILIZANDO A
CASCA DA BANANA POR *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* (UCP 1040)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

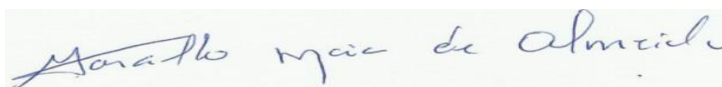
Área de concentração: Biotecnologia.

Aprovada em: 26 / 07/2022.

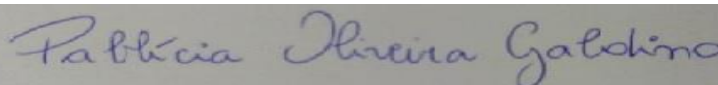
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Pabłicia Oliveira Galdino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, aos meus pais, Antônio e Suênia,
aos meus irmãos, Joatan e Maiara, e ao
meu amado companheiro, Silvio,
companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus minha imensurável gratidão, por todo amor, força e coragem para superar todos empecilhos ao longo do caminho.

Aos meus pais, Antônio e Suênia, que dedicaram a vida para que meus sonhos se tornassem reais, que são fonte de inspiração, apoio para buscar novos caminhos, fazendo sempre presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos, Joatan e Maiara, por sempre contribuírem com carinho e incentivos nessa jornada.

Ao meu companheiro Silvio Bruno, pelo companheirismo, paciência, estando sempre ao meu lado mesmo nos momentos difíceis, compartilhando o sonho de conquistar este título.

À minha orientadora, Helvia Walewska Casullo de Araújo, que me permitiu participar de sua equipe de pesquisa, como também confiança e orientação durante todo o decorrer do curso e trabalho, mostrando novos horizontes a serem percorridos.

Aos professores do Curso de Química Industrial da UEPB, contribuíram ao longo desses anos, na obtenção do conhecimento e amadurecimento como acadêmico e profissional.

Ao Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais (NPCIAMB) da Universidade Católica de Pernambuco, por ter cedido o fungo utilizado na pesquisa.

Ao Núcleo de Pesquisa em Alimentos (NUPEA) por disponibilizar todo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas, Suelen da Silva Oliveira Lima, Emily Valéria Matias e Rodrigo Soares Nascimento, Ana Renata Mendes e tantos outros, pelo apoio, amizade, e incentivo não deixando o desanimar, mostrando o quanto sou capaz de alcançar meus objetivos, meu muito obrigado.

“A ciência se compõe de erros que, por sua vez, são os passos até a verdade.”

Jules Verne

RESUMO

Os tensoativos e emulsificantes sintéticos produzidos em larga escala são provenientes de petróleo sendo tóxico ao ambiente. Estudos mostram que os microrganismos como fungos e bactérias são capazes de realizar produção de biomoléculas com o fornecimento adequado de nutrientes. O Brasil é um grande produtor de alimentos, resultando em grande fluxo de resíduos ricos em nutrientes que muitas vezes não é reutilizado, fornecendo a matéria-prima para microrganismos como fungos filamentosos, geralmente conhecidos por deterioramento de alimentos, que geram produtos secundários. Neste contexto, objetivou-se o estudo biotecnológico para produção de biossurfactante e bioemulsificante pelo fungo filamentoso *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040). O experimento foi desenvolvido no Laboratório do NUPEA (Núcleo de Pesquisa em Alimentos) CCT/UEPB, Campus I, Campina Grande – PB. A produção foi realizada por fermentação em Erlenmeyer de 250mL, contendo volumes dos substratos de casca de banana nanica (*Musa Cavendish*), óleo pós-fritura e água destilada seguindo o planejamento fatorial 2^2 completo, tendo como variáveis respostas tensão superficial (mN/m) e índice de emulsificação (%), foram inoculados aos mesmos 20 discos do fungo acima citado, sob agitação de 150 rpm durante 96h a 28°C. O biossurfactante e bioemulsificante foi avaliado por teste de tensão superficial, índice de emulsificação, estabilidade do bioemulsificante e dispersão óleo em água. Os resultados obtidos demonstraram que a produção do biossurfactante não foi favorável, haja vista, que a menor tensão superficial obtida foi de 76,89 mN/m maior que o valor de referência da água de 72,36 mN/m. Entretanto, o índice de emulsificação (%) apresentou resposta de 93,1% com óleo pós-fritura após 24h e 50% com 96h, com o óleo de motor queimado 62,5% com 24h e 54,16% após 96h, com o óleo de soja o índice alcançou 96,5% e 60,87% com leitura em 24h e 96h. No teste de dispersão o líquido metabólico não foi significativo, pois, não ocorreu formação de área dispersa para realizar leitura. Assim sendo, os valores do índice de emulsificação após 24h acima de 60% e a estabilidade da emulsão em torno de 50% com 96h, demonstrando o potencial do *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) significativo para produção de bioemulsificante.

Palavras-Chave: Fermentação. Bioativos. Substrato. Resíduos alimentícios.

ABSTRACT

Synthetic surfactants and emulsifiers produced on a large scale are derived from petroleum and are toxic to the environment. Studies show that microorganisms such as fungi and bacteria are capable of producing biomolecules with an adequate supply of nutrients. Brazil is a major food producer, resulting in a large flow of nutrient-rich waste that is often not reused, providing the raw material for microorganisms such as filamentous fungi, generally known as food spoilage, which generate secondary products. In this context, the objective was the biotechnological study for the production of biosurfactant and bioemulsifier by the filamentous fungus *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040). The experiment was carried out at the Laboratory of NUPEA (Nucleus of Research in Food) CCT/UEPB, Campus I, Campina Grande – PB. The production was carried out by fermentation in a 250mL Erlenmeyer flask, containing volumes of the substrates of banana peel (*Musa Cavendish*), post-frying oil and distilled water, following the complete 2² factorial design, having as variable responses surface tension (mN/m) and emulsification index (%), were inoculated to the same 20 discs of the above-mentioned fungus, under agitation of 150 rpm for 96h at 28°C. The biosurfactant and bioemulsifier were evaluated by surface tension test, emulsification index, stability of the bioemulsifier and oil-in-water dispersion. The results obtained showed that the biosurfactant production was not favorable, given that the lowest surface tension obtained was 76.89 mN/m higher than the water reference value of 72.36 mN/m. However, the emulsification index (%) showed a response of 93.1% with post-frying oil after 24h and 50% after 96h, with the burnt engine oil 62.5% after 24h and 54.16% after 96h, with for soybean oil, the index reached 96.5% and 60.87% with readings at 24h and 96h. In the dispersion test, the metabolic liquid was not significant, as there was no formation of a dispersed area for reading. Therefore, the values of the emulsification index after 24h above 60% and the stability of the emulsion around 50% after 96h, demonstrating the significant potential of *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) for the production of bioemulsifier.

Keywords: Fermentation. Bioactive. Substrate. Food waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação dos surfactantes	15
Figura 2 - Concentração micelar critica	16
Figura 3 - Representação da formação de emulsões O/A e A/O.	16
Figura 4 - (A) Crescimento do fungo <i>Penicillium sclerotiorum</i> (UCP1040) em placa em meio ágar batata a 28°C. (B) identificação microscópica 40x do fungo <i>Penicillium sclerotiorum</i> (UCP1040)	19
Figura 5 - (A) Casca de banana nanica (<i>Musa Cavendish</i>) antes da preparação. (B) caldo aquoso da casca da banana nanica para processo de fermentação.	23
Figura 6 - Placa de Petri com <i>Penicillium sclerotiorum</i> (UCP 1040) cortada em discos de tamanhos uniformes para inoculação na fermentação	24
Figura 7 – Equação lei de Tate	24
Figura 8 - Diagrama de Pareto para avaliação da Tensão superficial na produção de biosurfactante utilizando 20 discos do <i>Penicillium sclerotiorum</i> (UCP 1040) por 96h, 28°C e agitação de 150rpm.....	27
Figura 9 - Gráfico comparativo do índice de emulsificação do bioemulsificante após 24h.....	28
Figura 10 - (A)Tubo com formação de emulsões do óleo de motor queimado e líquido metabólico, (B) Tubos com emulsões dos óleos de soja, pós-fritura com líquido metabólico após 24h.....	29
Figura 11 - Gráfico índice de emulsificação do bioemulsificante após 96h nas melhores condições.....	30
Figura 12 - (A) Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleo de soja após 24h (B) Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleo pós-fritura após 24h.....	30
Figura 13 - Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleos de motor queimado após 24h.....	31
Figura 14 - (A) Placa de Petri com água destilada e óleo de motor queimado (B)	

Placa de Petri com líquido metabólico após fermentação de 96h (C) Placa de Petri
com surfactante sintético. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal da casca de banana.....	20
Tabela 2 – Composição mineral percentual de carbono e nitrogênio da casca da banana em comparação com casca de caju e casca de laranja.....	21
Tabela 3 – Matriz do planejamento fatorial 2^2	22
Tabela 4 - Valores da tensão superficial após fermentação de 96h	26
Tabela 5 - Valores do índice de emulsificação com os óleos de soja, pós-fritura e de motor queimado após 24h	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CB	Casca de banana
CMC	Concentração Micelar Crítica
IE	Índice de Emulsificação
NPCIAMB	Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais
NUPEA	Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos
OPF	Óleo pós-fritura
TS	Tensão Superficial
UCP	Universidade Católica de Pernambuco
m	Massa de uma gota
g	Gravidade
π	Pi
r	Raio da gota
f	Fator de correção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Surfactantes e emulsificantes.....	15
2.1.1	<i>Biossurfactante</i>	17
2.1.2	<i>Bioemulsificante</i>	17
2.2	Fungos filamentosos	18
2.2.1	<i>Penicillium sp.</i>	18
2.3	Resíduos agroindustriais.....	19
2.3.1	<i>Casca de banana nanina</i>	19
2.3.2	<i>Óleo pós-fritura</i>	21
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS E DISCUSÃO	26
4.1	Tensão superficial.....	26
4.2	Índice de emulsificação.....	27
4.3	Teste de dispersão.....	31
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Os surfactantes sintéticos produzidos são provenientes do petróleo tendo propriedades anfipáticas, sendo capazes de agir nas interfaces de fluidos com diferentes polaridades e densidades, formar emulsões, já que sua composição molecular é composta de partes hidrofílica e hidrofóbicas (SPERB et al., 2015).

Esses tipos de surfactantes ao longo do tempo causam danos ao ambiente devido a sua toxicidade elevando assim os riscos para o meio ambiente, na busca de novas alternativas estudos foram desenvolvidos com fungos e bactérias para produção de biosurfactantes e bioemulsificantes.

Os biosurfactantes são compostos produzidos por microrganismos capazes de ter características de redução da tensão superficial, produção de emulsão, solubilizantes e dispersão de fase. A propriedade essencial são as partes hidrofóbicas e hidrofílicas tendo então afinidade com materiais apolares e polares (PELE,2015).

Os bioemulsificantes podem ser obtidos pelo mesmo processo dos biosurfactantes, porém o produto final tem potencial para realizar emulsões entre líquidos imiscíveis, devido propriedades lipofílicas e hidrofílicas, não necessariamente capaz de reduzir a tensão como os biosurfactantes (UZOIGWE et al.,2015).

Para produção dos bioemulsificantes e biosurfactantes é essencial o fornecimento de fontes de nutrientes adequados, os resíduos agroindústrias tem apresentado vários benefícios como o baixo custo e uma gama de possibilidades a serem exploradas desde casca de frutas e legumes a também óleos, soros de leite e gordura animal (DA SILVA et al.,2020).

Pela grande quantidade de matéria orgânica proveniente da agroindústria servindo de principal fonte de substrato, as bactérias os fungos se alimentam dessa matéria orgânica gerando subprodutos, nos quais apresentam as mesmas características dos surfactantes sintéticos (EHRHARDT, 2015).

Processos fermentativos são utilizados para a obtenção de diversos produtos, no caso dos bioemulsificantes e biosurfactantes é realizado por fermentação submersa fornecendo nutrientes em meio líquido sob condições de agitação, pH, tempo e temperatura controlados. Teste de tensão superficial (mN/m), índice de

emulsificação (%) e dispersão de óleo em água são de caráter comprobatório (CHAMPE et al., 2009).

Nesse sentido, será investigado o potencial biotecnológico do *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) com substratos de casca de banana nanica e óleo pós-fritura. Promover condições favoráveis para o microrganismo realizar a produção de metabólitos secundários com propriedades de redução de tensão superficial e formação de emulsão. Realizar estudo da tensão superficial e dispersão para avaliar a produção do biosurfactante, avaliar o índice de emulsificação do bioemulsificante e sua estabilidade. Afim de viabilizar a produção de biosurfactantes e bioemulsificantes com baixo custo e concomitantemente promover nova estratégia para os descartes de resíduos agroindustriais diminuindo assim os impactos ambientais.

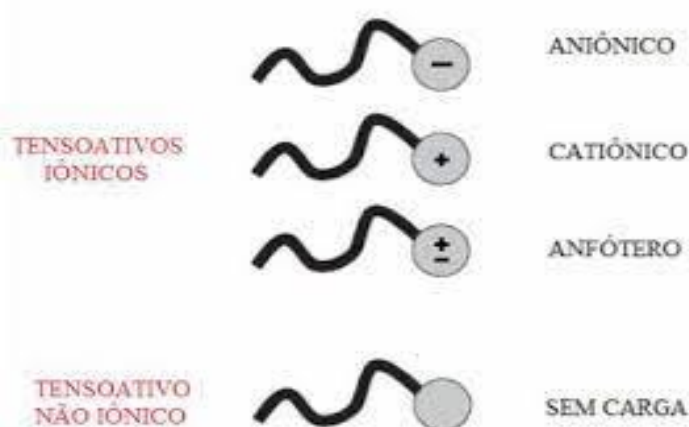
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Surfactantes e emulsificantes

Os surfactantes são derivados do petróleo, agentes tensoativos de superfície capazes de realizar interação entre líquidos de diferentes características, devido ser uma substância anfipáticas ou anfifílicas, sendo formadas por uma porção hidrofílica e hidrofóbica que geralmente é constituída por hidrocarbonetos lineares ou ramificados saturados ou insaturados sendo a parte apolar tendo afinidade pela água, principalmente pela atração eletrostática entre os íons e os dipolos presente na água (BUENO, 2010; THAVASI, 2014; BARRO et al., 2015).

A porção hidrofílica tende a classificar o tipo de surfactante apresentando ou não carga, podendo ser aniônicos, catiônicos, anfótero e não iônicos, conforme Figura 1.

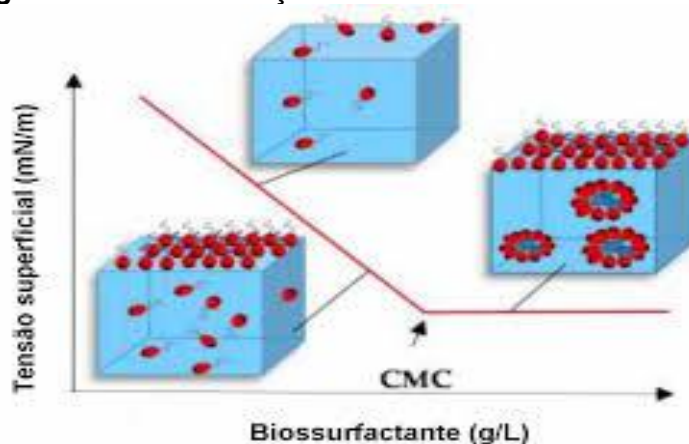
Figura 1 – Classificação dos surfactantes



Fonte: LIMA, (2022).

Os monômeros são a menor parte do surfactante que tende a da formação das micelas que tem a formação esférica quando atingem a concentração micelar crítica (CMC) que neste momento a propriedade de redução da tensão superficial atinge seu máximo conforme a Figura 2, pois as micelas modificam as características físico-químicas das soluções fator importantes nas propriedades do surfactante, visto que proporciona a capacidade de solubilizar solutos com diversas características (ABREU, 2020).

Figura 2 – Concentração micelar crítica

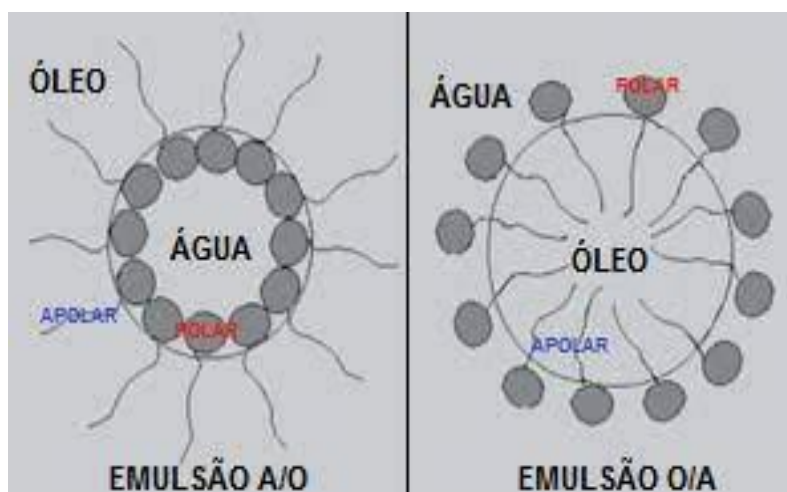


Fonte: RODRIGUES, (2018).

Esses atributos possibilitam que os surfactantes sejam aplicados em vários produtos de escala industrial ou doméstica como: espumante, dispersantes, detergência e emulsificantes (MULLIGAN, 2005).

Os emulsificantes tem características similares aos surfactantes desde sua derivação até a estrutura com parte polar e apolar, porém são capazes de reduzir a tensão superficial na interface de líquidos imiscíveis, desta maneira formando emulsões. Podem ser classificados em iônicos estabilizam emulsões do tipo óleo/água e não iônicos emulsões do tipo água/óleo sendo representados na Figura 3 (UZOIGWE, 2015; FERREIRA, 2019; SOUZA, 2016).

Figura 3 – Representação da formação de emulsões O/A e A/O



Fonte: COELHO, (2014).

2.1.1 Biossurfactantes

Os biossurfactantes são caracterizados pela sua origem microbiana podendo ser de bactérias, leveduras e fungos filamentosos, durante no processo de crescimento sendo subprodutos metabólicos dos microrganismos (CAMEOTRA; MAKKAR, 1998; LIMA, 2012; MUTHUSAMY et. al., 2008). Essas substâncias tem baixo peso molecular e podem ser representados pelos glicolipídios, lipopeptídeos e fosfolipídios tendo como principais propriedades a redução da tensão superficial, formação de micelas, dispersão de óleos, redução de viscosidade de líquidos, e formação de emulsões (BANAT et al., 2010; PACWA-PLOCINIZACK et al.,2011; SILVA, 2014).

Embora exista uma gama de biossurfactantes as propriedades são mantidas, assim como a resistência as variações de temperatura, pH, tem como vantagem a produção por substratos de baixo custo, são biodegradáveis e de baixa toxicidade ao meio ambiente (NITSCHKE e PASTORE, 2002).

Os biossurfactantes possuem grande aplicação em diversas indústrias a depender da função como na agricultura com propriedades fungicidas, detergentes para materiais de limpeza, solubilizantes em produtos farmacêuticos, dispersantes na composição de tintas e cosméticos, ainda apresenta atividades no tratamento de águas residuais (NITSCHKE et al., 2013; SILVA, 2014).

2.1.2 Bioemulsificantes

Os bioemulsificantes tem alto peso molecular sendo representados por polissacarídeos, lipopolissacarídeos e misturas complexas com biopolímeros e lipoproteínas (PACWA-PLOCINIZACK et al.,2011). Algumas das propriedades é a capacidade de formação de emulsões e biodegradabilidade, tendo baixa toxicidade, além das emulsões formadas apresentarem estabilidade em condições diversas de pH, temperatura e salinidade (SEKHON-RANDHAWA, 2014; SOUZA, 2016).

A aplicação dos bioemulsificantes podem ser na etapa de processamento de alimentos, como na formulação de produtos farmacêuticos e em processos de biorremediação para recuperação de petróleo e solos contaminados com metais pesados (FRANZETTI et al., 2011).

2.2 Fungos filamentosos

Os fungos são organismos com uma diversidade de mais de 1,5 milhões de espécies, são importantes na degradação de compostos orgânicos, são utilizados em setores da indústria têxtil, farmacêutico, agrícola, setores químicos como fabricação de tintas (LIMA, 2015; FREITAS, 2022).

Os fungos tem atraído atenção dos pesquisadores devido sua capacidade para produção de bioativos com propriedades de grande potencial para aplicação, principalmente os fungos filamentosos (LIMA, 2012). Os fungos filamentosos são caracterizados pela estrutura com filamentos formados por hifas que em suas terminações possuem as estruturas com frutificação contendo os micélios tendo como função a reprodução por esporulação (FREITAS, 2022).

A capacidade metabólica desses microrganismos vem ganhado destaque na geração de bioprodutos com características enzimáticas, antimicrobiana, surfactantes e emulsificantes (SANCHES, 2016).

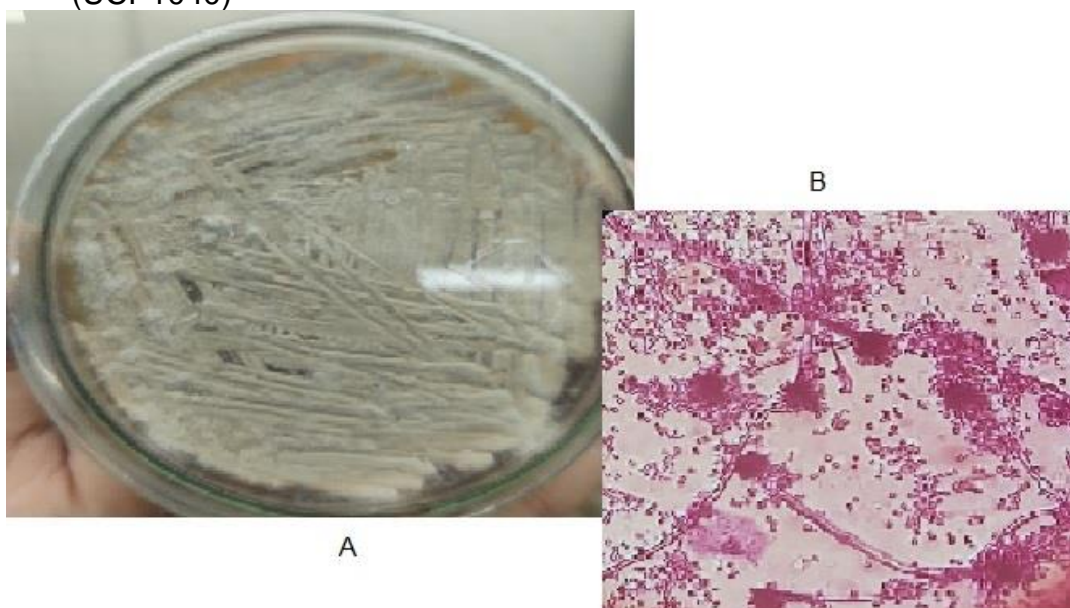
2.2.1 *Penicillium sp*

O *Penicillium* é um gênero bastante conhecido desde da descoberta da penicilina, como também na produção de corantes, além da capacidade de gerar metabólitos secundários que são compostos com baixo peso molecular de grande diversidade química com propriedades para aplicação em vários segmentos industriais (PETIT et al., 2009; BRAKHAGE, 2013).

O *Penicillium sclerotiorum* é uma espécie que faz parte do subgênero *Aspergilloides*, um dos metabólitos secundários produzidos conhecidos é a esclerotiorina que vem sendo aplicada nas indústrias farmacêuticas e alimentícias, com grande potencial atividade biológica e antioxidante (GOMES, 2011). Outros metabólitos secundários de *Penicillium sclerotiorum* como compostos com bioativos podem ser produzidos a partir do fornecimento de nutrientes e fontes de carbono e nitrogênio ao microrganismo e condições adequadas de temperatura, agitação, aeração e pH, os resíduos agroindústrias tem demonstrado potencial no abastecimento de substratos (ARBOLENA VALENCIA, 2011; ASSIS et al., 2014). A Figura 4 (A) e (B) mostra o crescimento da colônia do fungo *Penicillium sclerotiorum*

(UCP 1040) em meio ágar batata a 28°C e a identificação microscópica do fungo *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) respectivamente.

Figura 4 – (A) Crescimento do fungo *Penicillium sclerotiorum* (UCP1040) em placa em meio ágar batata a 28°C. (B) identificação microscópica 40x do fungo *Penicillium sclerotiorum* (UCP1040)



Fonte: Próprio autor (2022).

2.3 Resíduos agroindustriais

A produção constante de alimentos no Brasil tem um volume bastante significativo, estando entre um dos principais produtores mundiais, mas nem tudo produzido é aproveitado, gerando grande acúmulo de resíduos agroindustriais. Resíduos são matérias não aproveitadas em atividades humanas derivadas de residências, estabelecimentos comerciais e indústrias, podendo estar em estado sólido, líquido ou gasoso (SOUZA, 2016; SILVA ALENCAR et al., 2020).

Em sua maioria os resíduos não são reutilizados, visando mudar esse cenário e reduzir o impacto ao meio ambiente, estudos foram desenvolvidos para o uso como fornecimento de nutrientes que microrganismos possam gerar novos produtos (ASSIS et al., 2014).

2.3.1 Casca de banana nanica

O cultivo da banana nanica e outros tipos no Brasil é bastante favorável devido as condições climáticas, o consumo dessa fruta é um dos maiores, com grande poder nutricional e de baixo custo (ALVES, 2014).

A banana tem a polpa como consumo principal, mas a casca representa cerca de 40% do peso do fruto, sendo em sua grande maioria descartada, novas estratégias têm abordados caminhos para reaproveitamento como na produção de farinhas, biodiesel, na biorremediação de efluentes contaminados (AQUINO et al., 2014).

A Tabela 1 apresenta a composição centesimal da casca de banana (*Musa Cavendish*), demonstrando assim grande riqueza nutricional, estudos já afirmam o potencial de aplicação da casca para produção bio-etanol por proporcionar geração de energia, remoção de metais pesados servindo como adsorventes e na extração de nanofibras (LEOBET, 2016).

Tabela 1 – Composição centesimal da casca de banana
Casca de banana *in natura*

Parâmetros	Banana (100g)
Umidade(g)	89,47
Cinzas(g)	0,95
Lipídeos(g)	0,99
Proteínas(g)	1,69
Fibras(g)	1,99
Carboidratos(g)	4,91
Calorias (Kcal)	35,30
Cálcio(mg)	66,71
Ferro(mg)	1,26
Sódio(mg)	54,27
Magnésio(mg)	29,96
Zinco(mg)	1,00
Cobre(mg)	0,10
Potássio(mg)	300,92

Fonte: GONDIM et al., 2005.

A proporção de carbono e nitrogênio fornecida pelo substrato ao microrganismo tem influência direta para produção de metabólitos secundários, a casca de banana apresenta maior proporção de carbono, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Composição mineral percentual de carbono e nitrogênio da casca da banana em comparação com casca de caju e casca de laranja

Resíduo	Nitrogênio (%)	Carbono (%)	C/N
Casca de cacau	1,3 (g)	49,4 (c)	38,0
Casca de laranja	42,5 (b)	1 (f)	40,5
Casca de banana	1,9 (e)	40,5 (a)	21,3

Fonte: ZANETT et al., 2014.

2.3.2 Óleo pós-fritura

O óleo para consumo humano é utilizado largamente nas residências, indústrias de alimentos e comércios é uma substância insolúvel em água, o descarte é realizado de maneira inadequada resulta em danos ambientais, por apresentar uma densidade menor que a água (SALES, 2017).

A utilização de óleos comestíveis para elaboração de produtos fritos modifica os óleos e gorduras após aquecidos, pois são altamente oxidados podem apresentar substâncias potencialmente tóxicas. Contribuindo para reduzir à qualidade do óleo e modificar sua estrutura, principalmente, a composição em ácidos graxos, observando-se mudanças no grau de insaturação (SANIBAL et al., 2002).

Nas indústrias de alimentos são comum utilização de gorduras e óleos ocasionando a geração de resíduos hidrofóbicos. Com o acúmulo desses resíduos, tem aumentado o interesse da utilização desses materiais como fonte de nutrientes para transformação microbiana (SOUZA, 2016).

3 METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais foram realizados no Núcleo de Pesquisa de Extensão em Alimentos (NUPEA) da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I na cidade de Campina Grande-PB em colaboração com o Laboratório de Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais (NPCIAMB) da Universidade Católica de Pernambuco.

A metodologia realizada foi padronizada com as mesmas vidrarias, equipamentos e condições a fim de reduzir erros analíticos. Assim como, as condições de inoculação do microrganismo.

Microrganismo e manutenção: O fungo *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) foi isolado do solo do semi-árido de Pernambuco, sendo mantidos no banco de cultura (NPCIAMB) e registrada no World Federation Culture Collection – WFCC. As culturas foram mantidas em placas de petri em meio ágar sabouraud a 5°C sendo realizado repiques em tempos no máximo sete dias para que o microrganismo se mantenha sem alterações.

Resíduos agroindustriais: Os substratos como casca de banana nanica (*Musa Cavendish*) foi coletada de residências na cidade de Campina Grande – PB, óleo pós- fritura de estabelecimentos comerciais da cidade de Queimadas – PB.

Planejamento fatorial: O planejamento experimental 2² completo conforme na Tabela 3, foi executado com finalidade de avaliar as variáveis independentes o extrato da cascas da banana nanica e o óleo pós- fritura sobre a variável resposta a tensão superficial (mN/m) e índice de emulsão (%), análise dos dados com de diagramas de Pareto utilizando o STATISTC versão 7.0.

Tabela 3 – Matriz do planejamento fatorial 2²

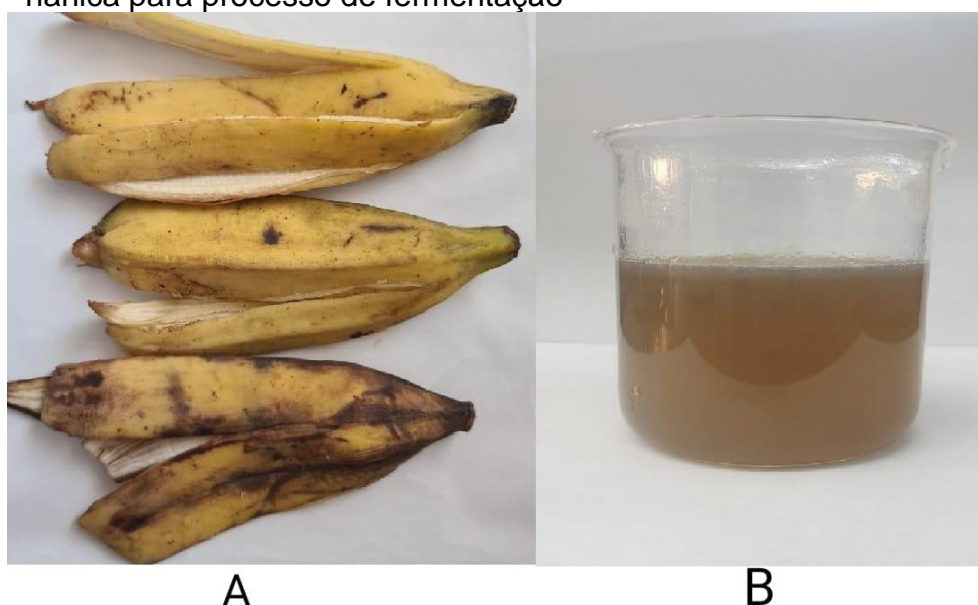
Ensaio	Variáveis independentes	
	Casca de banana	Óleo pós-fritura
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0

Cascas de banana (-1) 5mL, (0) 7,5 mL, (1) 10 mL, óleo pós-fritura (-1)2mL, (0) 4,5mL, (+1)7mL

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Preparo do substrato: As cascas da banana nanica Figura 5 (A) foram higienizadas lavadas com água destilada, em seguida homogeneizou-se com água destilada em liquidificador doméstico na concentração de 250g/L, segundo proposto por Sousa et al. (2012). Foi filtrado com auxílio no nylon silkscreen 120 mesh obtendo o caldo aquoso Figura 5 (B) e utilizado para fermentação.

Figura 5 – (A) Casca de banana nanica (*Musa Cavendish*) antes da preparação, (B) caldo aquoso da casca da banana nanica para processo de fermentação



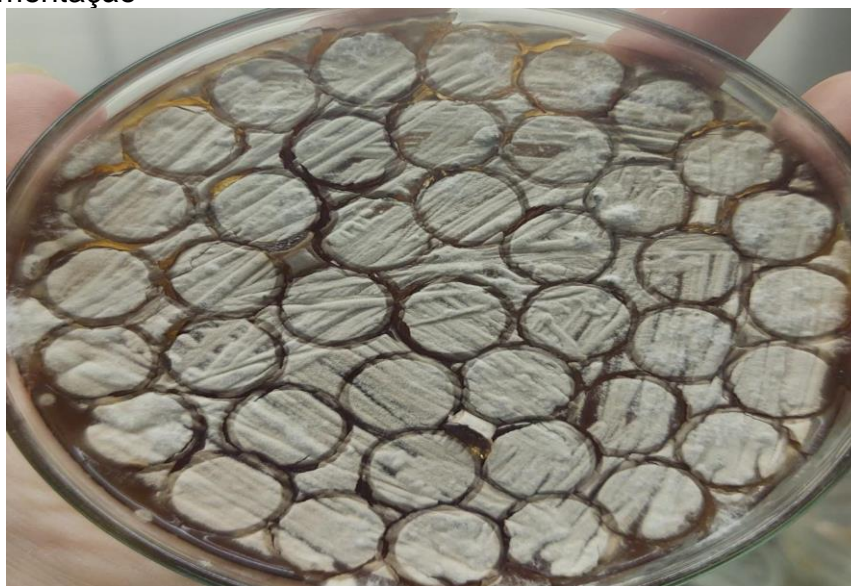
Fonte: Próprio autor (2022).

Determinação do pH: realizou a leitura com auxílio do potenciômetro, antes da fermentação e após de 96h.

Produção do biossurfactante e bioemulsificante: A produção foi realizada por fermentação submersa utilizando Erlenmeyers de 250 mL de capacidade total, onde no qual foi adicionado os volumes do extrato da casca e do óleo pós-fritura e água destilada até ser totalizando o volume de 100 mL conforme o planejamento experimental de 2^2 , posteriormente sendo esterelizado na autoclave a temperatura de 121°C durante o tempo de 15 min eliminando qualquer contaminação. Com os substratos na temperatura ambiente foi levado para ambiente estéril juntamente com as placas de petri com o *penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) no qual realizou-se o porcionamento através de discos de mesmo diametro com auxílio de um tubo de ensaio como mostra a Figura 6, em sequência 20 disco incorporados em cada

Erlenmeyer. Os frascos foram mantidos sob agitação orbital de 150 rpm durante 96h a temperatura de 28°C. A separação das células do líquido metabólico foi por centrifugação a 10.000 rpm por 15 min a 10°C, logo em seguida o sobrenadante foi filtrado em nylon silkscreen 120 mesh e armazenado.

Figura 6 – Placa de Petri com *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) cortada em discos de tamanhos uniformes para inoculação na fermentação



Fonte: Próprio autor (2022).

Teste de tensão: O teste foi realizado com o líquido metabólico de cada condição através do método do peso da gota com auxílio da bureta de 25 mL, realizado a contagem de 20 gotas em um béquer de 100 mL, para determinação da massa da gota, e seguindo a literatura calcular o fator de correção e raio (BEHRING et al., 2004). O valor da tensão foi calculada pela lei de Tate disposta na Figura 7. Onde (m) massa da gota, (g) gravidade

Figura 7 – Equação Lei de Tate

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{2\pi \cdot r \cdot f}$$

Onde:

m = massa de uma gota

g = gravidade

π = Pi

r = raio da gota

f = fator de correção

Índice de emulsificação (IE): o líquido metabólico produzido será utilizado segundo a metodologia de Cooper & Goldenberg (1987). Para avaliar o índice de emulsificação foi distribuído 1 mL de óleo de soja, óleo pós-fritura e óleo de motor queimado em tubos de ensaio proporcionando três condições para cada amostra do planejamento experimental, em seguida 2 mL do líquido metabólico foi adicionado homogeneizados em vortex durante 2min. As leituras foram realizadas após 24h, 48h e 96h, medindo a altura da porção emulsificada e o total da coluna formada pelos dois líquidos no tubo, o percentual foi determinada pela equação do índice de emulsificação (%) = $H_e \times 100 / H_t$, sendo H_e = altura de emulsão, 100 = % e H_t = altura total.

Teste de dispersão: Para o teste foram utilizadas placas de petri com água destilada na proporção de cobrir a superfície, em sequência contaminadas com 1 mL de óleo de motor queimado, adicionou-se 0,5 mL do líquido metabólico e observado o espaçamento entre ambos medindo em cm e calculado a área da circunferência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tensão superficial

A produção de biossurfactantes pode ser influenciada pelo fornecimento de carbono e nitrogênio ao microrganismo, assim como as condições de agitação, pH, variações de temperatura (DECESARO et al., 2013; SANTOS, 2016). A Tabela 4 apresenta os resultados de tensão superficial após processo de fermentação de 96h do *Penicillium sclerotiorum* (UCP1040).

Tabela 4 – Valores da tensão superficial após fermentação de 96h

CONDIÇÕES	Caldo Casca de banana nanica (mL)	Óleo pós-fritura (mL)	T S (mN/m)-96h
1	5	2	76,89
2	10	2	82,67
3	5	7	85,07
4	10	7	79,04
5	7,5	4,5	78,91
6	7,5	4,5	81,07
7	7,5	4,5	79,12
8	7,5	4,5	80,02

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

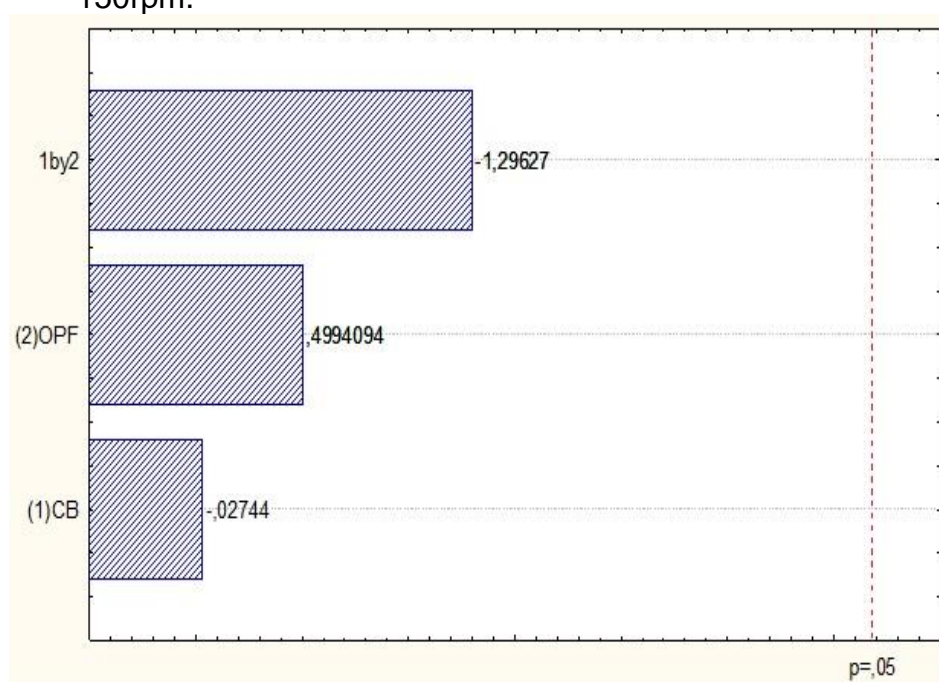
Os resultados obtidos de tensão demonstraram que não ocorreu produção significativa do biossurfactante nas condições fornecidas conforme tabela 4, visto que os valores estão acima de 72 mN/m sendo a tensão superficial da água como referência e o mais próximo foi de 76 mN/m no experimento 1.

Pelo diagrama de Pareto a variável que mais influenciou foi a interação entre a casca de banana nanica e óleo pós-fritura tendo efeito negativo, para redução da tensão superficial, mas também não foi estatisticamente representativo, por não ultrapassar a linha de confiança de 95%, e óleo pós-fritura contribuiu negativamente, sendo quanto menor a quantidade desse parâmetro menor será a tensão. Para resultados significativos posteriormente é necessário o ajuste da porcentagem de casca de banana elevando assim a possibilidade da produção do biossurfactante, conforme Figura 8.

Freitas (2022) utilizando milhocina e óleo pós-fritura obteve valor de 42,77 mN/m na tensão superficial com inoculação de 40 disco do *Penicillium sclerotiorum*

(UCP1040) durante fermentação de 144h, demonstrando que a proporção de microrganismo e tempo influenciam na redução da TS. Santos (2016) alcançou valor de 32,7mN/m com o *Penicillium spinulosum* e tendo como substratos milhocina e óleo pós fritura e fermentação de 96h inoculando 10^7 esporos/mL. Os resultados de no presente trabalho se correlacionado aos citados demonstram que o substrato tem influência na variável resposta TS.

Figura 8 – Diagrama de Pareto para avaliação da Tensão superficial na produção de biossurfactante utilizando 20 discos do *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) por 96h, 28°C e agitação de 150rpm.



Fonte: Próprio autor (2022).

4.2 Índice de emulsificação

O índice de emulsificação realizado para avaliação de qualquer molécula presente capaz de produzir emulsão com substratos hidrofóbicos e hidrocarbonetos em água, uma vez que os bioemulsificantes não tem como principal propriedade da redução da tensão superficial, portanto é necessário não só a realização do teste da gota ou de dispersão voltados para tensão já que pode ocasionar o descarte de bioemulsificantes (SOUZA, 2016; UZOIGWE et al., 2015).

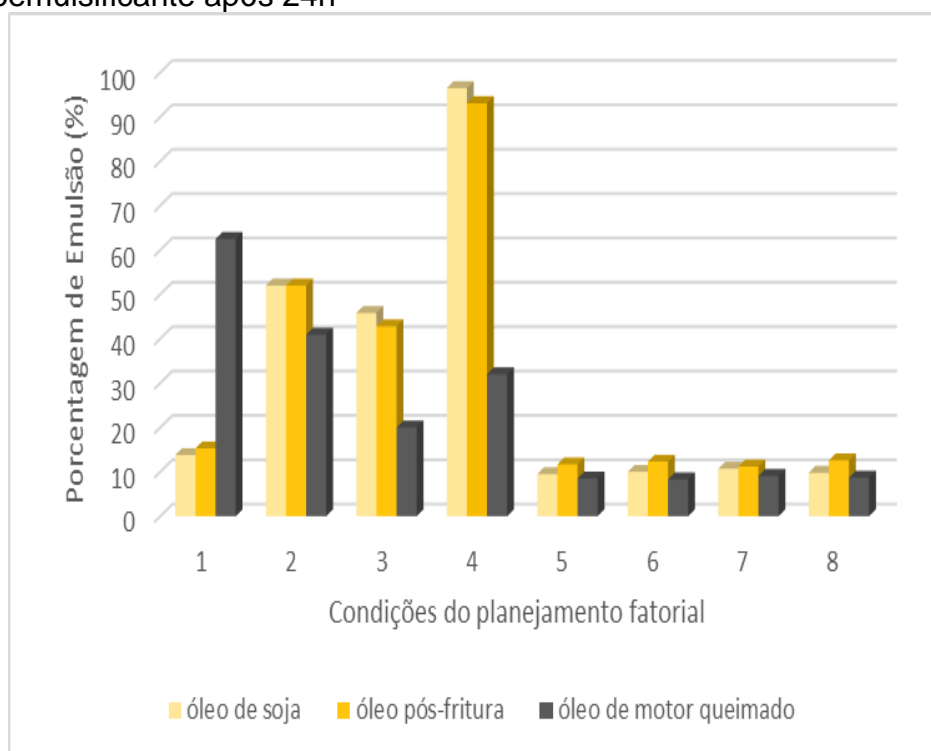
O índice foi avaliado com os óleos de soja, pós-fritura e de motor queimado, afim de medir o desempenho do líquido metabólico. A Tabela 5 e Figura 9 mostra o comparativo da porcentagem de emulsão após 24h.

Tabela 5 – Valores do índice de emulsificação com os óleos de soja, pós-fritura e de motor queimado após 24h

Condições	Índice de Emulsificação (%)		
	Óleo de soja	Óleo pós-fritura	Óleo de motor queimado
1	13,8	15,3	62,5
2	52,0	52,0	40,9
3	45,8	42,8	20,0
4	96,5	93,1	32,0
5	9,5	11,7	8,5
6	10,0	12,3	8,3
7	10,7	11,2	9,1
8	9,8	12,6	8,7

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

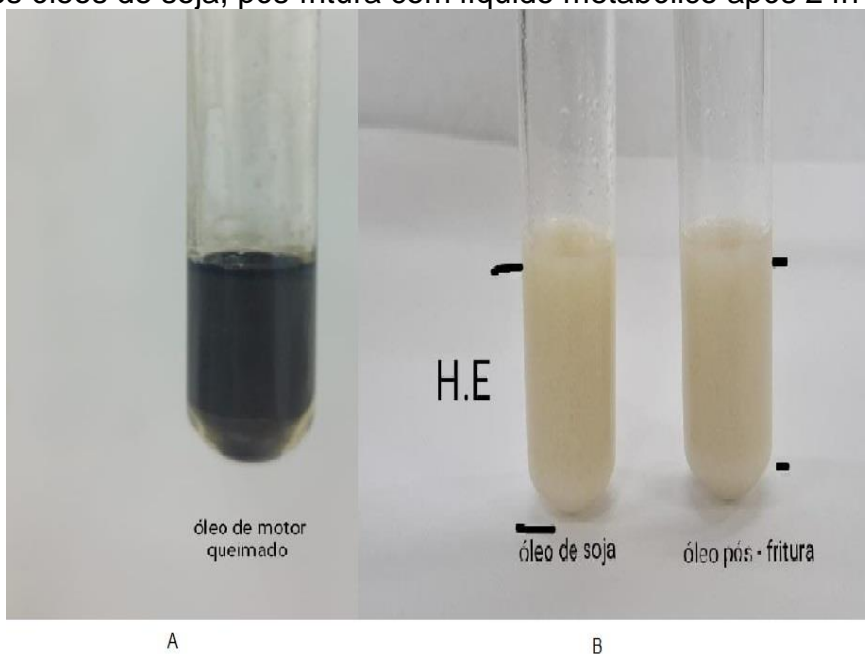
Figura 9 – Gráfico comparativo do índice de emulsificação do bioemulsificante após 24h



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

A análise do gráfico e da tabela acima expressa que a condição 4 tem maior porcentagem de emulsão para o óleo de soja e pós-fritura, já no óleo de motor queimado foi a condição 1 com 62,5% sendo mais favorável. De acordo com Willumsen e Karlson (1996), valores significativos para o índice de emulsão são acima de 50 %. Na condição 2 os valores são 52% para os óleos de soja e pós-fritura e de motor queimado chegando a 40,9% mesmo estando abaixo do valor considerável, é importante observar que os valores são pertinentes mostrando que a condição pode ser ajustada para possibilitar que todos tenham percentuais acima do considerável, como mostra Figura 10.

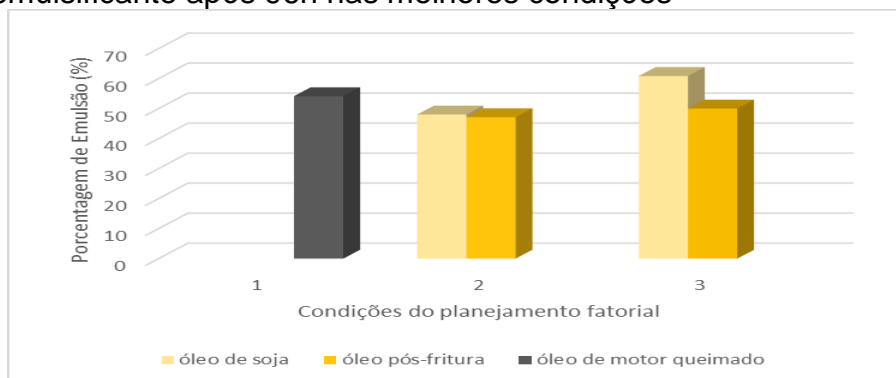
Figura 10 – (A) Tubo com formação de emulsões do óleo de motor queimado e líquido metabólico, (B) Tubos com emulsões dos óleos de soja, pós-fritura com líquido metabólico após 24h



Fonte: Próprio autor (2022).

Com a obtenção de valores acima de 50%, foi avaliado a estabilidade em temperatura ambiente das emulsões após 96h das melhores condições conforme Figura 11, o óleo de motor na condição 1 do planejamento que foi de 5 mL de caldo da cascas de banana nanica e 2 mL de óleo pós-fritura reduziu para 54,16% o índice de emulsificação, na condição 4 que as proporções foram de 10 mL para o caldo da casca da banana nanica e 7 mL do óleo pós-frutura, o líquido metabólico testado com o óleo de soja o índice de emulsão foi de 60,87% e o pós-fritura com 50% após 96h.

Figura 11 – Gráfico índice de emulsificação do bioemulsificante após 96h nas melhores condições

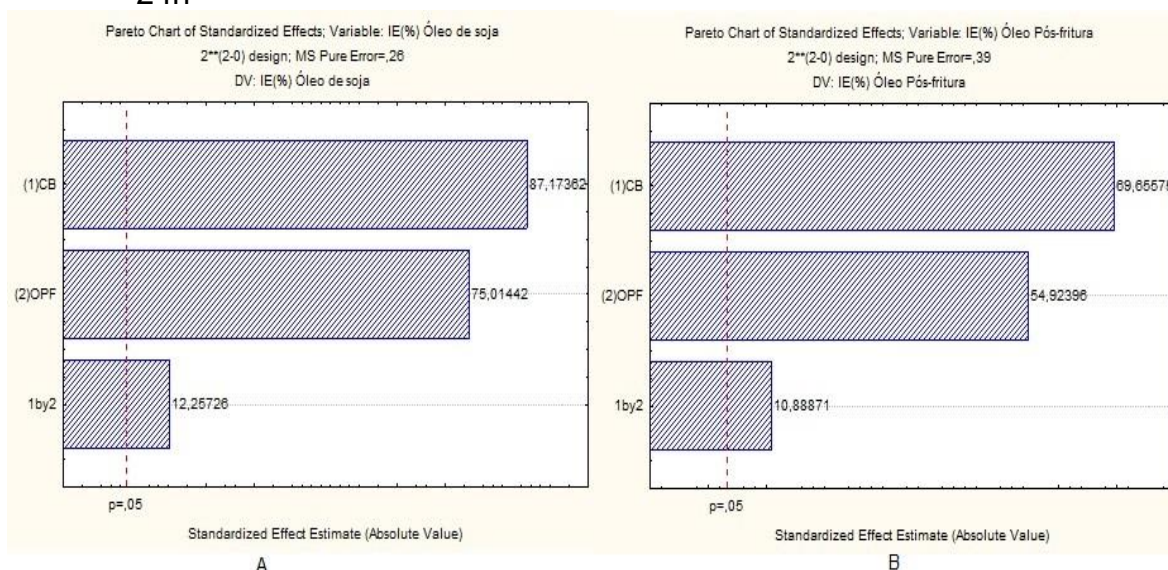


Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

De acordo com Langervin, 2004, a estabilidade da emulsão é aquela que mantém a coalescência, não ocorrendo a separação de fases durante um tempo considerável.

Os diagramas de Pareto da Figura 12 mostram que é estatisticamente representativo, as variáveis independentes CB e OPF e a interação entre ambas contribuíram positivamente para o aumento do índice de emulsificação, portanto, quanto maior a proporção usada maior será o percentual de emulsificado, conforme figura 12 A e óleo pós-fritura na Figura 12 B.

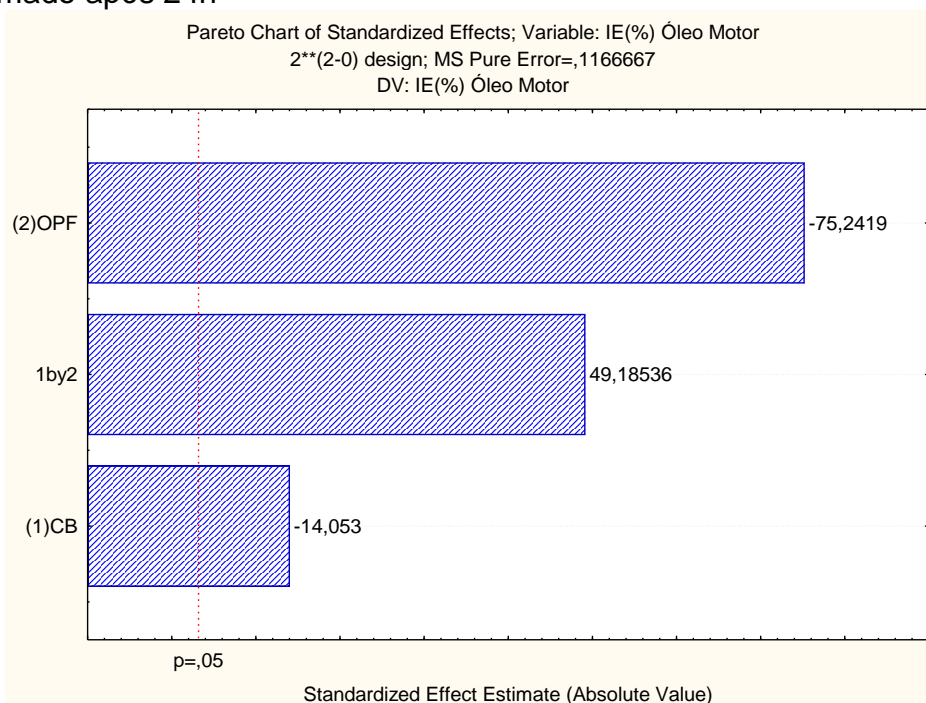
Figura 12 – (A) Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleo de soja após 24h (B) Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleo pós-fritura após 24h



Fonte: Próprio autor (2022).

O diagrama de Pareto para o índice de emulsificação utilizando óleo de motor queimado na da Figura 13 é estatisticamente significativo por ultrapassar a linha de confiança nos parâmetros OPF, interação e CB, na qual, o parâmetro que mais influenciou para o índice de emulsificação foi o óleo pós-fritura, com efeito negativo, quanto maior quantidade utilizada, menor será o índice de emulsificação, demonstrando que o OPF pode ser reduzido a proporção, para que o resultado seja positivo.

Figura 13 – Diagrama de Pareto para avaliação do índice de emulsificação como variável resposta com óleos de motor queimado após 24h



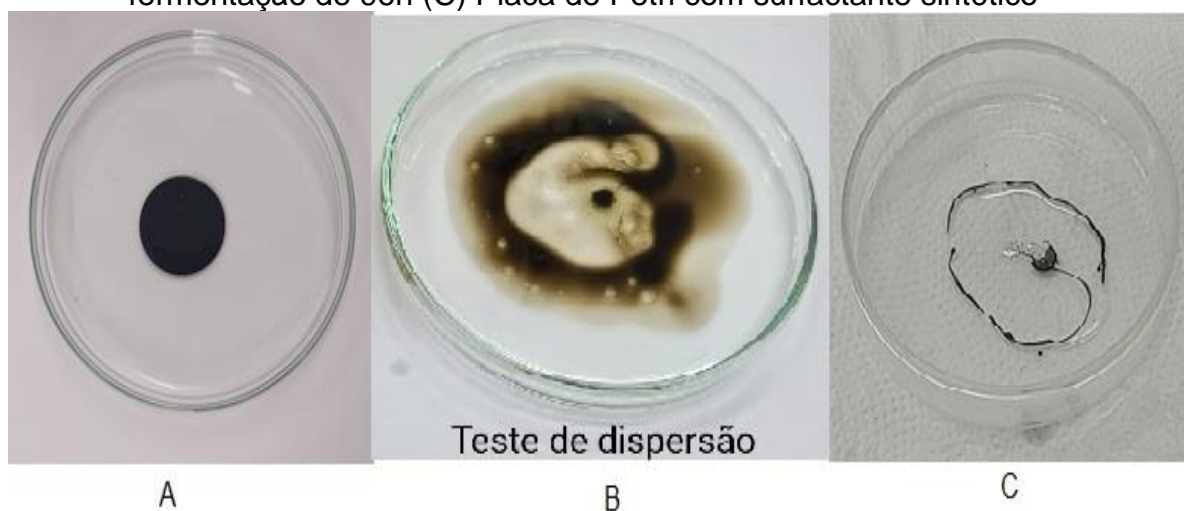
Fonte: Próprio autor (2022).

4.3 Teste de dispersão

No teste de dispersão conforme Figura 14 o líquido metabólico não demonstrou um deslocamento adequado para medição a área conforme Figura 14(B), mostrando as placas de petri com o líquido metabólico na condição que apresentou menor tensão superficial de 76,89 mN/m é compreensível o resultado devido a mínima produção de moléculas tensoativas capazes de agir no óleo presente no meio aquoso, sem que ocorresse a homogeneização igualmente no teste de emulsão, diferente da placa com o surfactante sintético na Figura 14 (C) que ao mínimo

contato é capaz de realizar a dispersão. Carvalho (2012) atingiu uma zona de dispersão de 140 mm com estudo de 66 bactérias isoladas em solo contaminado para produção de biossurfactante. Teixeira (2020) obteve resultados visíveis de área de dispersão com o biossurfactante produzido com *Serratia marcescens* e como substrato gordura animal.

Figura 14 – (A) Placa de Petri com água destilada e óleo de motor queimado (B) Placa de Petri com líquido metabólico após fermentação de 96h (C) Placa de Petri com surfactante sintético



Fonte: Próprio autor (2022).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que:

- A produção de biossurfactante por *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) não foi satisfatória, haja vista, que a TS foi superior a TS da água;
- Foi possível identificar que a variável independente óleo pós-fritura contribuiu de forma negativa para redução da tensão superficial e consequentemente na produção do biossurfactante, entretanto, para a produção de bioemulsificante a contribuição foi oposta, visto que o índice de emulsificação níveis acima de 60% nas primeiras 24h;
- Pode-se afirmar que os fungos filamentosos tem potencial para produção de bioemulsificantes e apresentando estabilidade na sua formação de emulsão em torno de 50% com 96 h de leitura;
- A utilização de resíduos agroindustrias na produção de bioemulsificante apresentou como excelente meio de nutritivo para produção de bioemulsificante, e assim contribuindo para baixo custo de produção, visto que os substratos são provenientes do descartes da população;
- E por fim, torna-se necessário a investigação em estudos futuros para melhorar o entendimento sobre quais substratos e quantidades serão necessários para proporcionar a melhor condição por *Penicillium sp* UCP 1040 e que possa vir a produzir a biomolécula biossurfatantes além do bioemulsificante.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Gonçalo Fernandes de. **Efeito de corantes nas propriedades de micelização de surfactantes iônicos**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.
- ALVES, José Luiz de Brito. **Estudo da composição química da banana" São Domingos"(Musa X paradisíaca) cultivar do grupo AAA**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.
- AQUINO, César Fernandes et al. Teores de minerais em polpas e cascas de frutos de cultivares de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 546-553, 2014.
- ARBOLEDA VALENCIA, Jorge William. **METABÓLITOS DE ORIGEM FÚNGICA: aplicações potenciais em processos biotecnológicos**. 2011.
- ASSIS, D.J; COSTA, L.A.S; CAMPOS, M.I; SOUZA. C.O; DRUZIAN. J.I; NUNES. I.L; PADILHA. F.F. Influência da Natureza do Rejeito Agroindustrial Fermentado por *Xanthomonas axonopodis* pv. Manihotis nas Propriedades das Gomas Xantana Resultantes. **Polímeros**, vol. 24, n. 2, p. 176-183, 2014
- BANAT, Ibrahim M. et al. Produção, aplicações e potencial futuro de biosurfactantes microbianos. **Microbiologia aplicada e biotecnologia** , v. 87, n. 2, pág. 427-444, 2010.
- BEHRING, J.L; LUCAS, M; MACAHDO, C; BARCELLOS, I.V. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da química. **Quim. Nova**, Vol. 27, No. 3, 492-495, 2004.
- BRAKHAGE, Axel A. Regulation of fungal secondary metabolism. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 1, p. 21-32, 2013.
- CAMEOTRA, S. S.; MAKKAR, R. S. Synthesis of biosurfactants in extreme conditions: a review. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 50, p. 520-529, 1998
- CARVALHO, Laís Campos Teixeira de et al. Produção de lipases e biosurfactantes por bactérias isoladas de um solo contaminado com óleo vegetal. 2012.
- COOPER, D.G; GOLDENBERG, B.G. Surface-Active agentes from two *Bacillus Species*. **Applied and environmental microbiology**. p. 224-229, 1987
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. **Bioquímica ilustrada**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- DA SILVA MARTINS, Luiza Helena et al. Análise físico-química de diferentes resíduos agroindustriais para possível utilização na indústria. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 6936-6948, 2020.

DECESARO, Andressa et al. Produção de biossurfactantes por microrganismos isolados de solo contaminado com óleo diesel. **Química Nova**, v. 36, p. 947-954, 2013.

EHRHARDT, D.D. Produção de biossurfactantes por *Bacillus Subtilis* utilizando resíduo do processamento do abacaxi como substrato. Dissertação (mestrado). **Faculdade de engenharia química, Campinas- SP**. 2015.

FERREIRA, Isabela Natalia da Silva et al. 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.

FRANZETTI, A. P. et al., (2011). Hierarchical zeolites as catalysts for biodiesel production from *Nannochloropsis microalga* oil. **Catalysis Today**, 167, 148–153, 2011

FREITAS, Elizandro Lima et al. Biotransformação de resíduos agroindustriais por *Penicillium sclerotiorum* (UCP 1040) na síntese de biossurfactante aplicados na biodeterioração de petroderivados. 2022.

GONDIM, Jussara A. Melo et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 825-827, 2005.

GOMES, Dhionne Correia. Produção de esclerotiorina por *penicillium sclerotiorum* e obtenção de derivados com aplicação potencial em alimentos. 2011.

LANGEVIN, D. et al. Crude oil emulsion properties and their application to heavy oil transportation. **Oil & gas science and technology**, v. 59, n. 5, p. 511-521, 2004.

LEOBET, Jaqueline et al. Casca de banana (*Musa cavendishii*) como fonte de energia e caracterização do resíduo mineral fixo. 2016.

LIMA, Bruna Montalvão. Produção de biossurfactantes pelos fungos *Aspergillus ochraceus* e *Penicillium expansum* em fermentação semi-sólida utilizando resíduos agroindustriais como substrato. 2012.

LIMA, D.P. Avaliação do uso do sistema de código de barras de DNA para a identificação de fungos potencialmente micotoxigênicos isolados de milho e derivados. Dissertação de mestrado. **Fundação Oswaldo Cruz**, 2015.

LIMA, Láysa Rocha. **Estudo de parâmetros que podem influenciar a temperatura do ponto de nuvem do tensoativo Renex-120**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MULLIGAN, C. N.; YONG, R. N.; GIBBS, B. F. Surfactant-enhanced remediation of contaminated soil: a review. **Engineering Geology**, v. 60, p. 371-380, 2001

MUTHUSAMY, Krishnaswamy et al. Biossurfactantes: propriedades, produção comercial e aplicação. **Ciência atual**, p. 736-747, 2008.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Quim. Nova**, Vol. 25, No. 5, 772-776, 2002.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G.M. Biossurfactantes: Propriedades e Aplicações. **Revista Química Nova**, Campinas, vol.25, n.5, p. 772 – 776, 2002. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n5/11408.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2013

PACWA-PŁOCINICZAK, Magdalena et al. Aplicações ambientais de biossurfactantes: avanços recentes. **Revista Internacional de Ciências Moleculares** , v. 12, n. 1, pág. 633-654, 2011.

PELE, Milagre A. et al. Conversão de substratos renováveis para produção de biossurfactante por *Rhizopus arrizus* UCP 1607 e potencialização da remoção de óleo diesel do solo marinho. **Revista Eletrônica de Biotecnologia** , v. 38, p. 40-48, 2019. BAPTISTA, C. R. et al. Inclusão e escolarização: múltiplas perspectivas. 2 ed. Porto Alegre: **Mediação**, 2015

PETIT, Philippe et al. Novel antimicrobial secondary metabolites from a *Penicillium* sp. isolated from Brazilian cerrado soil. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 8-9, 2009

RODRIGUES, Pedro Henrique Machado et al. Ensaio para produção de biossurfactantes pela levedura *Starmerella bombicola* em meio de cultura contendo resíduos agroindustriais. 2018.

SALES, P. S. C de. Produção de Lipase por *Cunninghamella echinulata* utilizando meios contendo resíduos agroindustriais. - **Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica**. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2017.

SANIBAL, Elaine Abrão Assef; MANCINI-FILHO, Jorge. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingr South Am**, v. 1, n. 3, p. 64-71, 2002.

SANTOS, Patrícia Nunes dos et al. Produção simultânea de biossurfactante e lipídeos por *penicillium spinulosum* (UCP1347) utilizando resíduos agroindustriais. 2016.

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

SILVA, Nadielly Regina Andrade et al. Potencial biotecnológico de *cunninghamella echinulata* UCP 1297 na produção de biossurfactante por fermentação submersa. 2014.

SOUZA, O.; SCHULZ, M. A.; FISCHER, G. A. A.; WAGNER, T. M.; SELLIN, N. Energia alternativa de biomassa: bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 16, p. 915-921, 2012.

SOUZA, Adriana Ferreira de. **Produção simultânea de bioemulsificante e lipídeos por Candida lipolytica UCP 0988 utilizando substratos agroindustriais**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SPERB, J.G.C; COSTA, T.M; VAZ, D.A; VALLE, J.A.B; VALE, R.C.S.C; TAVARES, L.B.B. Avaliação qualitativo da produção de lipases e biossurfactantes por fungos isolados de resíduos oleosos. **ENGEVISTA**, V. 17, n. 3, p. 385-397, setembro 2015.

TEIXEIRA, Laís Montenegro et al. Utilização de gordura animal como substrato na produção de biossurfactante por *Serratia marcescens* UCP 1549 com potencial de aplicação na área ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54790-54801, 2020.

UZOIGWE, Chibuzo et al. Os bioemulsificantes não são biossurfactantes e requerem diferentes abordagens de triagem. **Frontiers in microbiology** , v. 6, p. 245, 2015.

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

ZANETTI, A.; ARRIECHE, L. S.; SARTORI, D. J. M. Estudo da composição ótima de diferentes resíduos orgânicos para a produção de biogás. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química-COBEQ**. 2014.