



Biossurfactantes: Uma alternativa para o mercado industrial

Ana Paula Pereira dos Santos ¹
Mitaliene de Deus Soares Silva ²
Edbhergue Ventura Lola Costa ³

RESUMO:

Os biossurfactantes são moléculas com características tensoativas, isto é, tem o potencial de baixar a tensão superficial de líquidos, sendo indicados em diversas áreas de aplicação industrial e recuperação de derramamento de óleos em áreas afetadas. Através de atividades metabólicas, as bactérias e fungos sintetizam estes compostos anfipáticos na fase exponencial de crescimento microbiano, liberando moléculas com propriedades específicas de acordo com o tipo de substrato. Assim, busca-se alternativas e processos biotecnológicos que alcancem bons rendimentos e baixo custo na obtenção dos biossurfactantes. Com essa finalidade são utilizados óleos vegetais, óleos residuais de frituras e resíduos agroindustriais que apresentam características peculiares importantes para produção destas moléculas. Atualmente mais de 80% dos produtos de limpeza são fabricados com surfactantes sintéticos derivados do petróleo. O objetivo deste artigo foi destacar os aspectos relacionados na produção dos surfactantes de origem biológica e a importância destes para serem empregados no mercado industrial.

Palavras chave: Biossurfactante; Tensão Superficial; Aplicação Biotecnológica; Mercado Industrial.

¹ Mestre em Biociência Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Laboratorialista na Universidade de Pernambuco - UPE. Brasil. apaulinhaps@yahoo.com.br

² Mestrado em andamento em Biociência Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Brasil. mitadedeus@hotmail.com

³ Doutor em Biociência Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. evlced@gmail.com

Nas últimas décadas, diversos micro-organismos têm sido relatados como potenciais produtores de vários tipos de compostos bioativos. Os biossurfactantes se destacam entre e podem ser obtidos por várias fontes e sintetizados a partir de bactérias, fungos e leveduras. Os biossurfactantes são moléculas tensoativas anfipáticas que diminui a tensão superficial e interfacial e estabilizam as soluções pela formação de microemulsões. (Zhao & Selva 2011; Rufino et al.2011).

Os surfactantes sintéticos são derivados do petróleo, portanto passam anos para se degradarem na natureza, além disso por serem tóxicos, liberam compostos contaminantes no ambiente prejudicando assim a saúde. Esses perigos alertam atenção para a produção de surfactantes de origem microbiana, principalmente para serem utilizados nos processos de biorremediação, degradando os óleos impuro que afetam solos e afluentes (Zheng et al.2012; Silva et al.2014).

Ainda que várias pesquisas investiguem métodos eficientes ainda existem desafios para a síntese dos tensoativos microbianos relacionados a melhorias de extração, purificação e caracterização do produto com baixo custo para comercialização. Esses processos ainda são onerosos em relação a obtenção dos surfactantes sintéticos, sendo necessário viabilizar outros meios de produção (Kiran et al.2009; Winterburn et al.2011 Xia et al.2011; Vaz et al. 2012).

As fontes mais exploradas para extração dos biossurfactantes são matérias-primas renováveis, resíduos de processamento vegetal, proteínas e sais minerais industrializados (Gomes & Nitschke 2012). As vantagens em desenvolver surfactantes microbianos permanecem na capacidade estrutural das moléculas tensoativas com possibilidade de resistirem às maiores tolerâncias para variações de temperaturas e pH; além disso, terem menor grau de toxicidade e serem de fácil degradação (Gomes & Nitschke 2012; Luna et al.2013).

Considerando a aplicação em vários seguimentos industriais, a utilização dos substratos alternativos na obtenção dos surfactantes microbianos permite a utilização nas Indústrias farmacêuticas, melhoramento nos bioprocessos de alimentos e recuperação de áreas contaminadas por metais pesados (Thavasi et al.2011; Jara et al.2013). Este artigo tem como objetivo demonstrar a importância dos biossurfactantes e suas aplicações biotecnológicas.

BIOSURFACTANTES

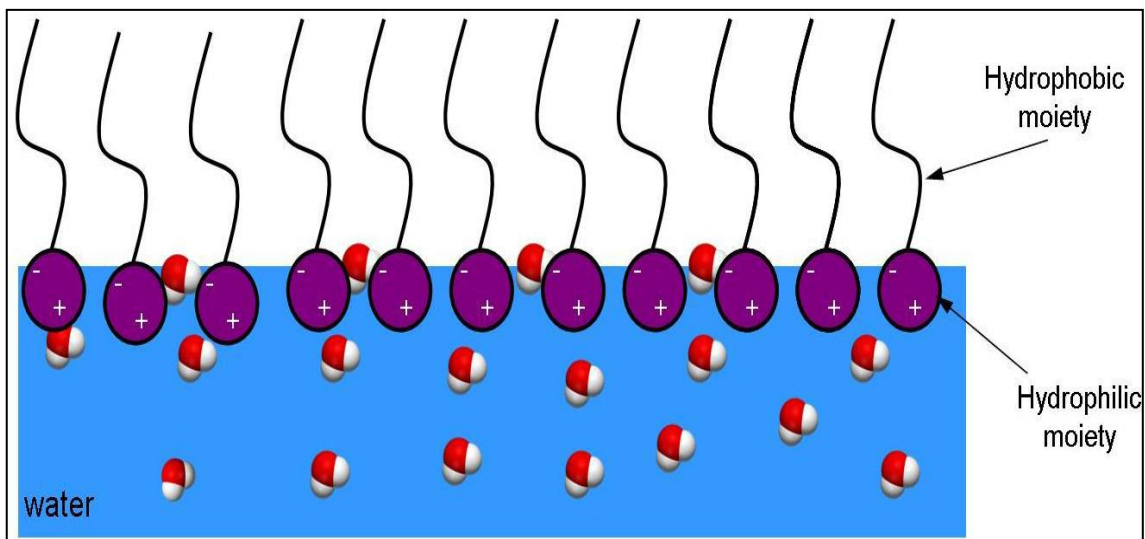
Os biossurfactantes são substâncias bioativas constituídos por uma cadeia de hidrocarboneto e outra porção podendo ser aniônica, catiônica, não iônica e anfótera. Os surfactantes naturais possuem vantagens incluindo seletividade, biodegradabilidade e a facilidade de serem sintetizados a partir de

Ana Paula Pereira dos Santos; Mitaliene de Deus Soares Silva; Edbhergue Ventura Lola Costa

compostos renováveis. Os surfactantes disponíveis comercialmente são derivados do petróleo e podem assim causar danos ao meio ambiente (Banat et al. 2010; Morais et al. 2015).

Os biossurfactantes são compostos constituídos por moléculas anfipáticas que reduzem a tensão superficial dos líquidos atuando entre fases fluídas com diferentes graus de polaridade e ligações de hidrogênio (Mukherjee et al. 2006). A força de coesão entre as moléculas comporta-se em direcionamento saturando toda a interface pela formação de micromoléculas (Abouseoud et al. 2008).

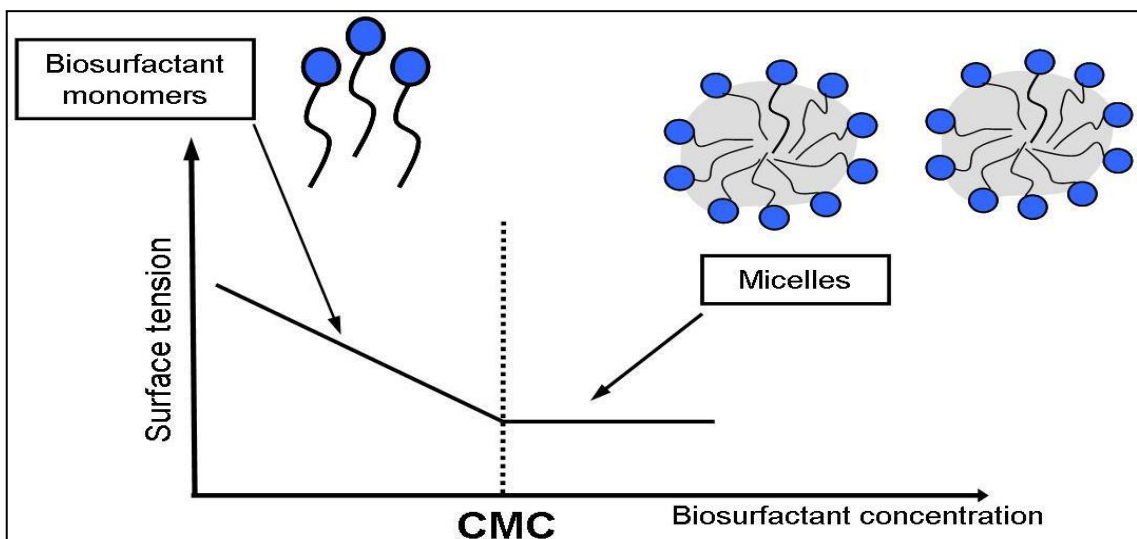
Figura 01. Ilustração dos Biossurfactantes se Acumulando na Interface entre Líquido e Ar.



Fonte: Pacwa-Plociniczak et al. (2011).

A Figura 01 ilustra a redução da superfície (líquido-ar) e a interfacial (líquido-líquido) reduzindo a tensão das forças de repulsão entre duas fases permitindo a interação destas.

Figura 02. Ilustração da Relação da Concentração do Biossurfactante, Tensão Superficial e Formação de Micelas.



Fonte: Pacwa-Plociniczak et al. (2011).

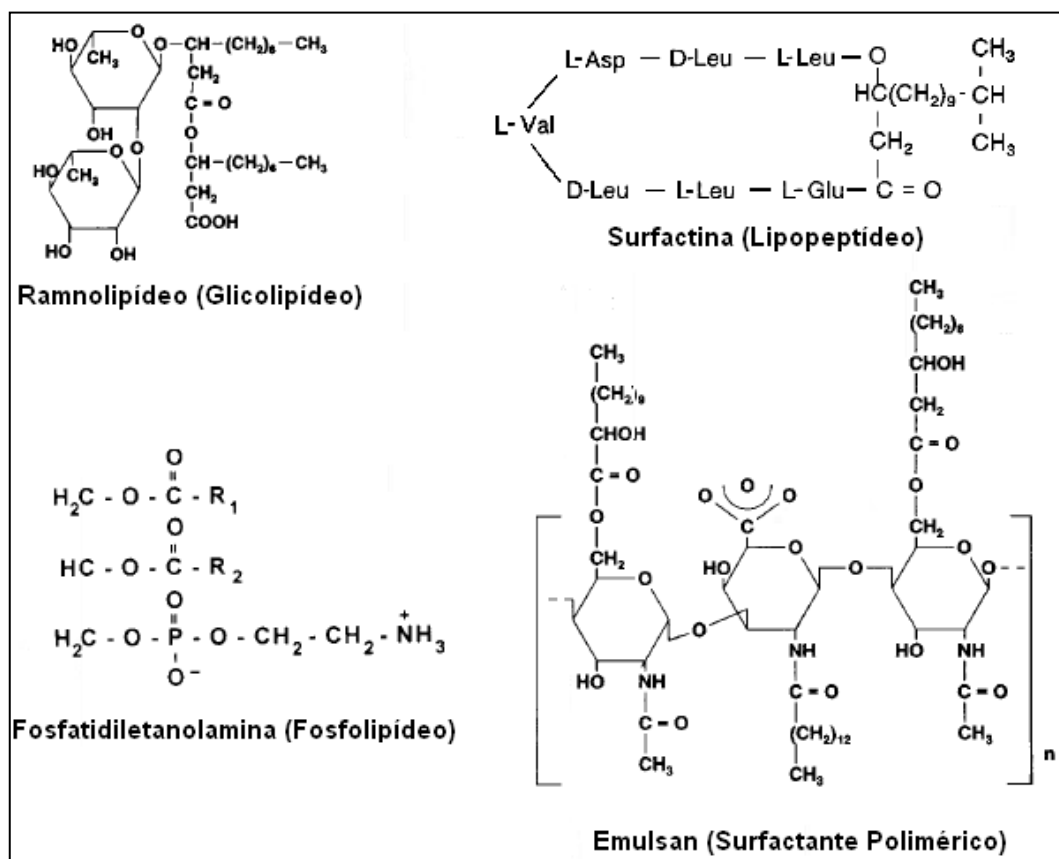
A Figura 02 ilustra a formação de micelas que auxiliam na formação das microemulsões (Pacwa-Plociniczak et al. 2011). Em um sistema, o aumento da concentração dos biossurfactantes diminui a tensão superficial do meio até alcançar concentração micelar crítica (capacidade de reduzir ao máximo a menor tensão, sendo usada para medir a eficiência do surfactante), ocorrendo à formação de micelas e vesículas.

CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DOS BIOSSURFACTANTES

Os biossurfactantes são produzidos através das células microbianas, apresentando diferentes tamanhos de moléculas e propriedades químicas. As estruturas químicas são formadas por uma porção lipofílica, cadeia hidrocarbônica de um ou mais ácidos graxos, ligados a uma porção hidrofílica (Mukherjee et al. 2006).

Dentre os biossurfactantes mais conhecidos, podemos destacar os glicolípidios (raminolípidios), lipopeptídios (surfactina), fosfolípidios (fosfatidiletanolamina), complexos de proteínas e polissacarídeos, ácidos graxos, lípidios neutros, surfactantes poliméricos (emulsan) e surfactantes particulados (Banat et al. 2010; Rufino et al. 2011).

Figura 03. Ilustração das Estruturas Químicas de Alguns Tipos de Biossurfactantes.



Fonte: Desai & Banat 1997.

Os biossurfactantes são moléculas formadoras de emulsões em misturas de óleo e água. Sua propriedades são influenciadas pela natureza das fontes de carbono, nitrogênio e elementos minerais, que determinam a sua composição química e estrutural (Luna et al. 2011; Gomes & Nitschke 2012).

Desta forma a figura 03 mostra a estrutura de alguns biossurfactantes conhecidos produzidos por diferentes micro-organismos.

A surfactina é um lipopeptídeo produzido por *Bacillus subtilis*, contendo uma cadeia de treze a quinze átomos de carbono. Sua estrutura é composta por uma série de aminoácidos, dentre eles a L-Asparagina, L-Leucina, L-Glicina, L-Leucina, L-Valina e duas D-Leucinas. Conforme experimentos já realizados com ratos, a surfactina tem apresentado baixa toxicidade (Shaligram & Singhal 2010).

Os biossurfactantes também são classificados conforme a polaridade da parte hidrofílica, podendo ser: aniônicos, não-iônicos, catiônicos e anfóteros.

Aniônicos são agentes com um ou mais grupamentos funcionais e um radical com carga negativa. Ao se ionizarem em solução aquosa liberam íons orgânicos carregados. Os representantes desse grupo são os sabões, compostos sulfonados e sulfatados. Outro representante muito usado nas indústrias é o Lauril sulfato de sódio.

Não-iônico são agentes anfílicos obtidos a partir de álcoois de cadeia longa ou fenóis alquilados. Não possui cargas aparentemente influentes no meio, de modo que as soluções aquosas não se ionizam e apresentam uma reação neutra. Interagem bem com compostos lipossolúveis e hidrossolúveis. Os representantes são polissorbatos, ésteres de alcoóis gordos, ésteres de sorbitano e poliglicóis.

Catiônicos são agentes formados por um ou mais grupamentos funcionais com carga positiva. Em meio aquoso liberam íons orgânicos carregados positivamente e formam emulsões estáveis a partir de substratos renováveis.

Anfóteros são agentes que apresentam características aniônicas ou catiônicas e são estáveis em meio neutro. Interagem em soluções aquosas de acordo com as condições de pH. Os representantes são as lecitinas e o meranol.

Os biossurfactantes ainda são classificados pela sua alta massa e baixa massa molecular. Conforme Monteiro et al. (2011), os raminolipídios formam uma cadeia de ácidos-graxos β -hidroxilados que se ligam uma ou a duas moléculas de ramnose, denominados monoramnolipídio e o dirramnolipídio, produzidos pela bactéria *Pseudomonas aeruginosa*. Desta forma, a composição e

propriedades físico-químicas dos biossurfactantes são bastante variáveis e dependem diretamente da composição da mistura de substratos (Krieger et al. 2010).

ORIGEM E PRODUÇÃO DOS BIOSSURFACTANTES

As bactérias produzem biossurfactantes através do metabolismo celular e presença de nutrientes como fonte de carbono e nitrogênio. Assim, no sistema ocorre a formação de moléculas tensoativas e micelas que se agregam no meio aquoso em uma determinada concentração. As funções da assimilação e degradação de compostos hidrofóbicos com produção de surfactantes que podem ocorrer em ambas às fases de crescimento exponenciais e estacionárias do micro-organismo, embora ainda esteja sendo elucidada a fisiologia desse mecanismo celular de produção (Sarrubo et al. 2006; Bordoloi & Konwar 2009).

As regiões hidrofóbicas são mantidas afastadas das moléculas de água, e interagindo com a camada externa da micela, formados pelos grupos hidrofílicos do surfactante (Abouseoud et al. 2008; Bordoloi & Konwar 2009). A atividade da tensão superficial é um trabalho necessário para aumentar a área de superfície entre as moléculas. Gera uma resultante que aponta para o interior do líquido, promovendo a adsorção destes compostos na superfície ou na interface entre dois líquidos imiscíveis (Mulligan 2004).

Os processos industriais de produção e aplicação de biossurfactantes ainda precisam ser desenvolvidos devido seu alto custo da matéria-prima para produção e purificação dessas moléculas, permitindo competir com os surfactantes sintéticos (Rocha et al. 2006). O desenvolvimento de surfactantes com baixa toxicidade e biodegradáveis é uma estratégia para a aquisição de compostos naturais aceitáveis (Luna et al. 2013; Pereira et al. 2013).

Diferentes alternativas poderiam ser investigadas afim de reduzir os custos de produção, como: o aumento dos rendimentos, o desenvolvimento da engenharia de um processo econômico e adquirir substratos de baixo custo. A escolha de matérias-primas (óleo de palma, óleo de soja associado à milhocina e glicerol) é essencial para a economia global do processo, por grande porcentagem do custo final do produto, o que contribui também com a redução de despesas com tratamento de resíduos (Nawawi et al. 2010; Luna et al. 2011; Vaz et al. 2012; Gudiña et al. 2015a).

FISIOLOGIA E APLICAÇÕES DOS BIOSSURFACTANTES

A aplicação dos biossurfactantes baseia-se na natureza e concentração dos substratos carbônicos que são influenciados pela determinação da estrutura e aplicação. As principais propriedades dos biossurfactantes são bioemulsificação, redução na viscosidade de líquidos, redução na tensão

superficial e interfacial, baixa concentração micelar crítica, força iônica solubilizante e estabilizante (Sarubbo et al. 2006).

O interesse global está relacionado por eles apresentarem utilização em diferentes áreas industriais como: farmacêuticas, cosméticas, limpeza, higiene pessoal, médico-hospitalar, alimentícias, tintas e engenharia têxtil (El-Sheshtawy et al. 2015). Também podendo serem utilizados na área de proteção ao meio ambiente e na agricultura (Banat et al. 2010; Rufino et al. 2011). As propriedades de detergência, lubrificação, capacidade espumante, solubilização, dispersão de fases, adesividade bacteriana e antibiótica, são imprescindíveis para aplicação dos biossurfactantes nas áreas acima citadas (Banat et al., 2010; Dworkin et al., 2006; Rufino et al., 2011).

Os biossurfactantes têm sido alvo de muitas pesquisas. De acordo com Araújo et al. (2011), moléculas tensoativas foram testadas, apresentando potencial inibidor de adesão à *Listeria monocytogenes*. Alguns biossurfactantes têm encontrado importância na área médica por apresentar atividade antibacteriana, antiviral e anti-inflamatória (Priya & Usharani 2009; Chen et al. 2011; Gein et al. 2011).

A exploração do uso de biossurfactantes pode ser útil na melhoria da qualidade e produtividade agrícola. Sachdev & Cameotra (2013) realizou um estudo para rastreamento das populações microbiana na biosfera de solo, afim de investigar seu potencial em ambientes isolados e utilizá-las nas áreas agrícolas.

A Tabela 01 apresenta algumas aplicações biológicas para biossurfactantes.

Tabela 01. Aplicações Biológicas e Biotecnológicas dos Biossurfactantes.

Aplicações	Biossurfactantes	Referências
Inibição do biofilme e ação antimicrobiana	Lipopeptídio	Muthu et al. (2011)
Inibidor de secreção antiinflamatória e mediadores células RBL-2H3	Manosil-critritol	Morita et al. (2011)
Potencial antimicrobiano e anti-adesivo	Rufisan	Rufino et al. (2011)
Efeitos da hidrofobicidade de superfície celular de PAH	Ramnlípidos	Zhao et al. (2011)
Tratamento de incrustações de águas residuais com óleo de fritura	Ramnlípidos	Qin et al. (2012)
Solubilização de carvão e biorremediação de ambientes marinhos contaminado com óleo	Ramnlípidos	Singh & Tripathi, (2012)
Inibição de crescimento bacteriano em biofilmes pré-formados	Surfactina	Gomes & Nitschke (2012)
Aplicação na indústria do petróleo	Lunasan	Luna et al. (2013)

Fonte: Santos 2013.

MICRO-ORGANISMOS PRODUTORES DE BIOSURFACTANTES

Os biossurfactantes são sintetizados por bactérias e fungos a partir de vários substratos, incluindo açúcares, glicerol, óleos, hidrocarbonetos e resíduos agrícolas (Khopade et al. 2012). De acordo com Bordoloi e Konwar (2009), a espontânea liberação e produção de biossurfactantes estão muitas vezes relacionadas à absorção de hidrocarboneto e são sintetizados por micro-organismos

Ana Paula Pereira dos Santos; Mitaliene de Deus Soares Silva; Edbhergue Ventura Lola Costa

degradadores de hidrocarbonetos. Logo, o substrato de carbono é um fator limitante na produção de surfactantes microbianos. O tipo de fonte de carbono utilizado tem sido relatado como influência tanto na qualidade quanto na quantidade de biossurfactantes (Panilaitis et al. 2007; Abouseoud et al. 2008).

Várias leveduras são descritas como produtora de biossurfactante, principalmente as do gênero *Candida*, como a *C. ingens* (Amézcu-Vega et al 2007), *C. bombicola* (Felse et al., 2007; Daverey & Pakshirajan 2011), *C. rugosa* (Chandran & Das 2011) e *Candidas phaerica* (Luna et al., 2013). A *Candida lipolytica* produz o bioemulsificante utilizando-se do substrato como o óleo de babaçu e glicose (Sarubbo et al. 2001). Já dentre as bactérias temos a do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas*, como exemplo *B. subtilis* (Al-Wahaibi et al., 2014; Gudiña et al. 2015a) *B. licheniformis* (El-Sheshtawy et al. 2015) e *P. aeruginosa* (Mendes et al. 2015).

Alguns micro-organismos, como o *Paenibacillus alvei* ARN63 (Najafi et al. 2011), *Candida sphaerica* (Luna et al. 2011), *Trichosporon montevidense* (Monteiro et al 2011) e *Pseudomona aeruginosa* UCP0992 (Silva et al. 2010), além de fungos como *Aspergillus ustus* MSF3 (Kiran et al. 2009) sintetizam biossurfactantes degradando substratos solúveis e insolúveis em água. Isto auxilia na disponibilidade destes compostos à célula microbiana através das emulsões formadas entre eles.

Alguns micro-organismos degradam substratos com a finalidade de produzir metabólitos secundários. Algumas leveduras e fungos filamentosos são relatados como agentes produtores de biossurfactante, como as leveduras *Candida glabrata* UCP 1002 (Sarubbo et al. 2006), *C. lipolytica* UCP 0988, (Rufino et al. 2008), além dos fungos filamentosos *Aspergillus ustus* MSF3, *Aspergillus fumigatus* e *Trichosporon montevidense* (Kiran et al. 2009; CastiglionI et al. 2009; Monteiro et al. 2011).

Muitos micro-organismos produzem surfactantes a partir de óleo residual de refinaria e resíduos agroindustriais. Dentre eles são reportados o *Bacillus subtilis* da linhagem LB5a, cultivado em manipueira; a levedura *Candida sphaerica* UCP 0995, cultivada em milhocina e óleo de soja residual de fritura (Barros et al. 2008; Sobrinho et al. 2008).

A estratégia em reutilizar subprodutos como substratos podem reduzir o custo e viabilizar a produção de tensoativos, além de servir como uma fonte de carbono adequada para garantir a obtenção de surfactantes microbianos ecologicamente seguros. Essa prática consequentemente colabora com a redução da poluição ambiental, uma vez que muitos desses dejetos são desperdiçados em lugares inapropriados (Maneerat 2005; Rufino et al. 2008; Luna et al. 2013). Na Tabela 02 foram reportadas várias espécies de micro-organismos utilizados na produção de biossurfactante na presença de diferentes fontes de carbono.

Tabela 02. Aplicações Biológicas e Biotecnológicas dos Biossurfactantes.

Micro-organismo	Fonte de carbono	Referências
<i>Pseudomonas fluorescens</i> UCP1514	Óleo de motor e óleo de girassol	Lima e Silva et al. (2010)
<i>P. fluorescens</i> UCP1514	Óleo de girassol	Lima et al. (2010)
<i>P. aeruginosa</i> UCP0992	Glicerol	Silva et al. (2010)
<i>Candida lipolytica</i> UCP0988	Resíduo de óleo de soja de refinaria	Rufino et al. (2011)
<i>Bacillus subtilis</i>	Glicerol	Faria et al. (2011)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Borra de óleo de amendoim	Thavasiet al. (2011)
<i>P. aeruginosa</i> LBI	Óleo de soja	Gomes & Nitschke (2012)
<i>Pseudomona Stutzeri</i>	Óleo de oliva e soja	Singh & Tripathi (2012)
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	Óleo de palma	Jaracet al. (2013)
<i>Candida sphaerica</i>	Resíduo de amendoim	Luna et al. (2013)

Fonte: Santos 2013.

As actinobactérias são classificadas como bactérias gram-positivas que possuem uma organização filamentosa. São originadas do solo e se caracterizam pela sua diversidade morfológica contendo cadeias de esporos semelhantes a conídios. Destacam-se pela importância industrial por excretar metabólitos extracelulares secundários, além do papel ecológico na degradação da matéria orgânica (Anderson & Wellington 2001).

São provenientes da ordem *Actinomycetales*, de acordo com o táxon actinobacterial, são classificadas conforme a seguinte taxonomia: Domínio *bacteria*, Filo *actinobacteria*, Classe *actinobacteria*, Subclasse *actinobacteridae*, Ordem *actinomycetales*, Subordem *Streptomycineae*, Família *Streptomycetaceae* e Gênero *Streptomyces* (Anderson & Wellington 2001).

O *Streptomyces* é um dos gêneros mais estudados, pois são os maiores produtores de antibióticos, dentre eles os aminoglicosídeos, macrolídeos, ansamacrolídeos, β -lactâmicos, peptídeos, glicopeptídeos, antraciclinas, tetraciclinas, nucleosídeos, polienos e quinonas (Richter et al. 1998). Estudos moleculares sobre o genoma têm contribuído na análise filogenética de *Streptomyces* em busca de cepas mais resistentes (Mohammad et al. 2010).

Estudos relatam o uso de primers de PCR para amplificação seletiva do DNA ribossomal na subunidade 16S, formando diferente grupo de actinomicetos. Esses mostram a importância das espécies de *Streptomyces* na área biotecnológica e algumas propriedades associadas ao micro-organismo, aplicados na medicina humana como antibióticos e anti-inflamatórios (Monciardini et al. 2002).

De acordo com Khopade et al. (2012), um estudo foi realizado sobre um novo tipo de biossurfactante produzido por uma espécie de bactéria marinha *Streptomyces* sp. B3. Outra bactéria denominada como *Streptomyces tendai* TU 901/8c, sintetizou a surfactina que é tipo de biossurfactante hidrofóbico extracelular (Richter et al. 1998).

EMPREGOS DOS BIOSSURFACTANTES NA INDÚSTRIA

Os processos provenientes de fabricação industrial e derivados de petróleo são unânimes em escala global na poluição ambiental. Acidentes com derramamento de óleos e a injeção de dejetos de vários segmentos poluindo os solos têm ocorrido com frequência. As aplicações industriais dos biossurfactantes podem ser incorporadas por meio de biotecnologias visando melhorias qualidade de vida e meio ambiente (Rocha 2010).

Estudos comprovam que os biossurfactantes podem ser utilizados na remoção de poluentes industriais por meio de hidrocarbonetos de petróleo e metais pesados sem agredir o meio ambiente (Singh & Cameotra 2013).

Pesquisas incluem as microemulsões de surfactantes naturais para limpezas de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP). O HPA liberam compostos epóxidos e são agentes cancerígenos prejudiciais a saúde (Jacques et al. 2007).

Uma alternativa eficaz é a utilização de amostras de agentes emulsionantes para limpezas de tanques, reservatórios e substratos com presença de óleos pesados. As microemulsões diminuem a viscosidade e degradam as partículas maiores facilitando a taxa de degradação (Singh & Cameotra 2013; Bharali et al. 2014).

Na área de cosméticos, a surfactina derivada de lipopéptidos pode ser empregada na remoção de demaquilantes, células mortas e branqueamento. Dermatologicamente testado, o produto oferece baixo efeitos colaterais como irritação a pele e promove ação antimicrobiana (Kanlayavattanakul & Lourith 2010).

Os lipopptideos são usados para inibir a formação de biofilme e promover ação antimicrobiana. O rufisan tem potencial antimicrobianos e agente anti-adesivo (Rufino et al. 2011). Estudos realizados por Gomaa (2013a) e Gomaa (2013b) mostram também, respectivamente, que tanto *Bacilluslicheniformis* M104 quanto *Lactobacillus* isolados a partir de produtos lácteos egípcios apresentam atividade antimicrobiana.

Uma das vantagens na utilização de surfactantes de origem microbiana é a rápida degradabilidade, uma vez que os subprodutos formados nos processos biotecnológicos entram no ciclo natural e depende dos fatores abióticos para sua decomposição. Estudos demonstram que subprodutos derivados da indústria petroquímica passam mais tempo para serem degradados no meio ambiente e estão associados a efeitos tóxicos (Pacwa-Płociniczak et al. 2011; Rocha 2010; Al-Wahaibi et al. 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biossurfactantes são uma alternativa na substituição dos surfactantes derivados de petróleo. Estes surfactantes de origem biológicas podem possuir, conforme diversos trabalhos científicos já publicados, diversas aplicações. Estes produtos podem ser tão eficazes quanto aqueles sintetizados a partir do petróleo, além de apresentar vantagens como a biodegradabilidade, contribuindo para redução dos impactos ambientais promovidos por resíduos descartáveis que podem ser utilizados na produção destes mesmos biotensioativos. Ademais, os biossurfactantes podem ofertar uma ação menos tóxica, assim possibilitando seu emprego na indústria farmacêutica e alimentícia. Também há vários biossurfactantes gerados por diferentes microorganismos que têm mostrado efeitos antibióticos e também antifúngicos. Os vários estudos já realizados na obtenção de novos biossurfactantes, bem como na análise de suas propriedades, que não estão restritas apenas a redução da tensão superficial, sugerem um produto de grande potencial. Aliás, estas pesquisas poderão insuflar investimentos na fabricação deste produto em escala industrial.

REFERÊNCIAS

- Abouseoud M, Maachi R, Amrane A, Boudergua S, Nabi A 2008. Evaluation of different carbon and nitrogen sources in production of biosurfactant by *Pseudomonas fluorescens*. *Desalination*, 223:143–151.
- Alam MT, Merlo ME, Takano E, Breitling R 2010. Genome-based phylogenetic analysis of *Streptomyces* and its relatives, Molecular. *Phylogenetics and Evolution*, 54(3):763-772.
- Al-Wahaibi Y, Joshi S, Al-Bahry S, Elshafie A, Al-Bemani A, Shibulal B 2014. Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* B30 and its application in enhancing oil recovery. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 1(114): 324-30.
- Amézcuavega C, Poggi-Varaldo HM, Esparza-García F, Ríos-Leal E, Rodríguez-Vázquez R 2007. Effect of culture conditions on fatty acids composition of a biosurfactant produced by *Candida ingens* and changes of surface tension of culture media. *Bioresour. Technol.* 98: 237–240.
- Anderson AS, Wellington EMH 2001. The taxonomy of *Streptomyces* and related genera. *Inter J of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 51:797-814.
- Araújo LV, Abreu F, Lins U, Anna LMMS, Nitschke M, Freire DMG 2011. Rhamnolipid and surfactin inhibit *Listeria monocytogenes* adhesion. *Food Research International*. 44: 481-488.
- Banat IM, Franzetti A, Gandolfi I, Bestetti G, Martinotti MG, Fracchia L, Smyth TJ, Marchant R 2010. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Applied Microbiology Biotechnology*. 87:427–444.
- Barros FFC, Quadros CP, Pastore GM 2008. Propriedades emulsificantes e estabilidade do biossurfactante produzido por *Bacillus subtilis* em manipueira. *Ciências e tecnologias de alimentos*. 28(4): 979-985.

Bharali P, Singh SP, Dutta N, Gogoi S, Bora LC, Debnath P, Konwar BK 2014. Biodiesel derived waste glycerol as an economic substrate for biosurfactant production using indigenous *Pseudomonas aeruginosa*. *RSC Advances*. 4(73): 38698-38706.

Bordoloi NK, Konwar BK 2009. Bacterial biosurfactant in enhancing solubility and metabolism of petroleum hydrocarbons. *Journal of Hazardous Materials*, 170:495–505.

Castiglioni GL, Bertolin TE, Costa JAV 2009. Produção de biossurfactante por *Aspergillus fumigatus* utilizando resíduos agroindustriais como substrato. *Química nova*. 32(2):292-295.

Chandran P, Das N 2011. Characterization of sophorolipid biosurfactant produced by yeast species grown on diesel oil. *International Journal of Science and Nature*, 2(1):63-71.

Chen ML, Dong C, Penfold J, Thomas RK, Smyth TJ, Perfumo A, Marchant R, Banat IM, Stevenson P, Parry A, Tucker I, Campbell RA 2011. Adsorption of sophorolipid biosurfactants on their own and mixed with sodium dodecyl benzene sulfonate, at the air/water interface. *Langmuir*. 27:8854-8866.

Daverey A, Pakshirajan K 2011. Pretreatment of synthetic dairy wastewater using the sophorolipid-producing yeast *Candida bombicola*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 163:720–728.

Desai JD, Banat IM 1997. Microbial production of surfactants and their commercial potential. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 61(1):47-64.

Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer K-H, Stackebrandt E 2006. *The Prokaryotes – A Handbook of Biology of Bacteria*. 3ed., Springer.

El-Sheshtawy, Aiad I, Osman ME, Abo-ELnasr AA, Kobisy AS 2015. Production of biosurfactant from *Bacillus licheniformis* for microbial enhanced oil recovery and inhibition of sulfate reducing. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24:155–162.

Farias A, Stéfani D, Vaz BG, Silva IS, Garcia JS, Eberlin MN, Grossman MJ, Alves OL, Durrant LR 2011. Production and structural characterization of surfactin (C14/Leu7) produced by *Bacillus subtilis* isolate LSFM-05 grown on raw glycerol from the biodiesel industry. *Process Biochemistry*. 46(10): 1951-1957.

Felse PA, Shah V, Chan J, Rao KJ, Gross RA 2007. Sophorolipid biosynthesis by *Candida bombicola* from industrial fatty acid residues. *Enzyme and Microbial Technology*, 40:316-323.

Gein SV, Kuyukina MS, Ivshina IB, Baeva TA, Chereshev VA 2011. In vitro cytokine stimulation assay for glycolipid biosurfactant from *Rhodococcus ruber*: role of monocyte adhesion. *Cytotechnology*, 63(6):559-566.

Gomaa EZ 2013a. Antimicrobial activity of a biosurfactant produced by *Bacillus licheniformis* strain M104 grown on whey. *Braz. arch. biol. technol.* 56(2):259-268.

Gomaa EZ 2013b. Antimicrobial and anti-adhesive properties of biosurfactant produced by lactobacilli isolates, biofilm formation and aggregation ability. *J Gen Appl Microbiol.*, 59(6):425-36.

Gomes MZV, Nitschke M 2012. Evaluation of rhamnolipid and surfactin to reduce the adhesion and remove biofilms of individual and mixed cultures of food pathogenic bacteria. *Food Control*, 25:441-447.

Gudiña EJ, Rodrigues AI, Alves E, Domingues MR, Teixeira JA, Rodrigues LR 2015^a. Bioconversion of agro-industrial by products in rhamnolipids toward applications in enhanced oil recovery and bioremediation. *BioresourTechnol.*, 177:87-93.

Jacques RJS, Bento FM, Antonioli ZI, Camargo FAD 2007. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência rural, Santa Maria*. 37(4): 1192-1201.

Jara AM, Andrade RFS, Campos-Takaki GM 2013. Physicochemical characterization of tensio-active produced by *Geobacillus stearothermophilus* isolated from petroleum-contaminated soil. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 101:315-318.

Kanlayavattanakul M, Lourith N 2010. Lipopeptides in cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 32(1):1-8.

Khopade A, Ren B, Liu X-Y, Mahadik K, Zhang L, Kokare C 2012. Production and characterization of biosurfactant from marine *Streptomyces* species B3. *Journal of Colloid and Interface Science*, 367:311-318.

Kiran GS, Hema TA, Gandhimathi R, Selvin J, Thomas TA, RajeethaRavji T, Natarajaseenivasan K 2009. Optimization and production of a biosurfactant from sponge associated marine fungus *Aspergillus ustus* MSF3. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 73(2):250-256.

Krieger N, Neto DC, Mitchell DA 2010. Production of microbial biosurfactants by solid-state cultivation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 672: 203-210.

Lima e Silva, Luna JM, Moraes Filho MA, Tambourgi EB; Campos-Takaki GM 2010. Produção de biossurfactante por *Pseudomonas fluorescens* UCP 1514 utilizando milhocina como substrato. *Exacta*, 8(1):19-26.

Lima RA, Andrade RFS, Santos LQ, Campos-Takaki G.M 2010. Produção de biossurfactante por *Pseudomonas fluorescens* em caldo de abacaxi (*Ananacomosus*) com óleo de girassol pós-fritura e aplicação na remoção de derivados do petróleo. *Exacta*, 8(2): 201-210.

Luna JM, Rufino RD, Campos-Takakia GM, Sarubbo LA 2011. Properties of the Biosurfactant Produced by *Candida sphaerica* cultivated in low-cost substrates. *ChemicalEngineeringTransactions*, 27.

Luna JM, Rufino RD, Sarubbo LA, Campos-Takaki GM 2013. Characterisation, surface properties and biological activity of a biosurfactant produced from industrial waste by *Candida sphaerica* UCP0995 for application in the petroleum industry. *ColloidsandSurfaces B: Biointerfaces*, 102:202-209.

Maneerat S 2005. Production of biosurfactants using substrates from renewable resources. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27:675-683.

Mendes AN, Filgueiras LA, Pinto JC, Nele M 2015. Physico chemical properties of rhamnolipid biosurfactant from *Pseudomonas aeruginosa* PA1 to applications in micro emulsions. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 6:64-79.

Monciardini P, Sosio M, Cavaletti L, Chiocchini C, Donadio S 2002. New PCR primers for selective amplification of 16S rDNA from different group of actinomycets. *FEMS Microbiology Ecology*, 142:419-429.

Monteiro AS, Miranda TT, Lula I, Denadaic AML, Sinisterra RD, Santor MM, Santos VL 2011. Inhibition of *Candida albicans* CC biofilms formation in polystyrene plate surfaces by biosurfactant produced by *Trichosporon montevidense* CLOA72. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 84:467–476.

Morais KAD, Soares RS, Araújo MVF, Oliveira BFR, Vieira JDG 2015. Produção de biossurfactante por *Bacillus* sp. em meio mínimo contendo glicose. *Enciclopédia Biosfera*, 11(22):3884-3894.

Morita T, Ogura Y, Takashima M, Hirose N, Fukuoka T, Imura T, Kondo Y, Kitamoto D 2011. Isolation of *Pseudozyma churashimaensis* sp. nov., a novel ustilaginomycetous yeast species as a producer of glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 112(2):137–144.

Mukherjee S, Das P, Sen R 2006. Towards commercial production of microbial surfactants, *Trends in Biotechnology*, 24:509–515.

Mulligan CN 2004. Environmental applications for biosurfactants. *International Journal of Environment and Pollution*, 7(362-366).

Najafi AR, Rahimpour MR, Jahanmiri AH, Roostaazad R, Arabian D, Ghobadi Z 2011. Enhancing biosurfactant production from an indigenous strain of *Bacillus mycoides* by optimizing the growth conditions using a response surface methodology. *Chemical Engineering Journal*, 163:188–194.

Nawawi WMFW, Jamal P, Alam MZ 2010. Utilization of sludge palm oil as a novel substrate for biosurfactant production. *Bioresource Technology*, 101:9241–9247.

Pacwa-Płociniczak M, Plaza GA, Piotrowska-Seget Z, Cameotra SS 2011. Environmental applications of biosurfactants: Recent Advances. *International Journal of Molecular Sciences*, 12:633-654.

Panilaitis B, Castro GR, Solaiman D, Kaplan DL 2007. Biosynthesis of emulsan biopolymers from agro-based feedstocks. *J. Appl. Microbiol.*, 102:531–537.

Pereira JFB, Gudiña EJ, Costa R, Vitorino R, Teixeira JA, Coutinho JAP, Rodrigues LR 2013. Optimization and characterization of biosurfactant production by *Bacillus subtilis* isolates towards microbial enhanced oil recovery applications. *Fuel*, 111:259–268.

Priya T, Usharani G 2009. Comparative study for biosurfactant production by using *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Botany Research International*. 2(4):284-287.

Qin L, Zhang G, Meng Q, Zhang H, Xu L, Lv B 2012. Enhanced membrane bioreactor combined with submerged rhamnolipids biosurfactant: Performance for the degradation of frying oil and reduce membrane fouling. *Bioresource Technology*, 20:126-314.

Richter M, Willey JM, Süßmuth R, Jung G, Fiedler HP 1998. Streptofactin, a novel biosurfactant with aerial mycelium inducing activity from *Streptomyces tendae* Tü 901/8c. *FEMS Microbiology Letters*, 163(2):165-171.

Rocha MVP, Oliveira AHS, Souza MCM, Gonçalves LRB 2006. Natural cashew apple juice as fermentation medium for biosurfactant production by *Acinetobacter calcoaceticus*. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 22:1295-1299.

Ana Paula Pereira dos Santos; Mitaliene de Deus Soares Silva; Edbhergue Ventura Lola Costa

Rufino RD, Luna JM, Sarubbo LA, Rodrigues LRM, Teixeira JAC, Campos-Takaki GM 2011. Antimicrobial and anti-adhesive potential of a biosurfactant *Rufisan* produced by *Candida lipolytica* UCP 0988. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 84:1–5.

Rufino RD, Sarubbo LA, Neto BB, Campos-Takaki GM 2008. Experimental design for the production of tensioactive agent by *Candida lipolytica*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35: 907–914.

Sachdev DP, Cameotra SS 2013. Biosurfactants in Agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(3):1005-1016.

Santos APP 2013. *Produção de biossurfactante por Streptomyces sp. isolado de liquens da região amazônica para aplicação como agente antifúngico*. Dissertação de mestrado (Biociência Animal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 97 p.

Sarubbo LA, Luna JM, Campos-Takaki GM 2006. Production and stability studies of the bioemulsifier obtained from a new strain of *Candida glabrata* UCP 1002. *Electronic Journal of Biotechnology*, 9(4):400-406.

Sarubbo LA, Marçal MC, Neves MLC, Silva MPC, Porto ALF, Campos-Takaki MG 2001. Bioemulsifier production in batch culture using glucose as carbon source by *Candida lipolytica*. *Applied Microbiology Biotechnology*. 95:59-67.

Shaligram NS, Singhal RS 2010. Surfactin - A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 48(2):119-134.

Silva EJ, Silva NMPR, Rufino RD, Luna JM, Silva RO, Sarubbo LA 2014. Characterization of a biosurfactant produced by *Pseudomonas cepacia* CCT6659 in the presence of industrial wastes and its application in the biodegradation of hydrophobic compounds in soil. *Colloid Surface B* 117:36–41

Silva SNRL, Farias CBB, Rufino RD, Luna JM, Sarubbo LA 2010. Glycerol as substrate for the production of biosurfactant by *Pseudomonas aeruginosa* UCP0992. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79(1):174-183.

Singh AK, Cameotra SS 2013. Efficiency of lipopeptide biosurfactants in removal of petroleum hydrocarbons and heavy metals from contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(10):7367-7376.

Singh DN, Tripathi AK 2012. Coal induced production of a rhamnolipid biosurfactant by *Pseudomonas stutzeri*, isolated from the formation water of Jharia Coal Bed. *Bioresour Technology*, 128:215-221.

Sobrinho HBS, Rufino RD, Luna JM, Salgueiro AA, Campos-Takaki GM, Leite LFC, Sarubbo LA 2008. Utilization of two agroindustrial by-products for the production of a surfactant by *Candida sphaerica* UCP0995. *Process Biochemistry*, 43:912–917.

Sriram MI, Kalishwarala IK, Deepak V, Raja Gracerosept R, KandasamySrisakthi K, Gurunathan S 2011. Biofilm inhibition and antimicrobial action of lipopeptide biosurfactant produced by heavy metal tolerant strain *Bacillus cereus* NK1. *Colloids and Surface B: Biointerfaces*, 85:174-181.

Thavasi R, Jayalakshmi S, Banat IM 2011. Application of biosurfactant produced from peanut oil cake by *Lactobacillus delbrueckii* in biodegradation of crude oil. *Bioresour Technology*, 102(3):3366-3372.

Van-Dyke MI, Lee H, Trevors JT 1991. Applications of microbial surfactants. *Biotechnology Advances*, 9:241-252.

Vaz DA, Gudina EJ, Alameda EJ, Teixeira JA, Rodrigues LR 2012. Performance of a biosurfactant produced by a *Bacillus subtilis* strain isolated from crude oil samples as compared to commercial chemical surfactants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 89:167–174.

Winterburn JB, Russell AB, Martin PJ 2011. Characterisation of HFBII biosurfactant production and foam fractionation with and without antifoaming agents. *Applied Microbiology Biotechnol.* 90:911-920.

Xia WJ, Dong HP, Yu L, Yu DF 2011. Comparative study of biosurfactant produced by microorganisms isolated from formation water of petroleum reservoir. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 392:124-130.

Zhao Z, Selvam A 2011. Synergistic effect of thermophilic temperature and biosurfactant produced by *Acinetobacter calcoaceticus* BU03 on the biodegradation of phenanthrene in bioslurry system, *Journal of Hazardous Materials*, 190:345–350.

Zheng C, Wang M, Wang Y, Huang Z 2012. Optimization of biosurfactant-mediated oil extraction from oil sludge. *BioresourTechnol* 110:338–342.

Biosurfactants: An alternative to the industrial market

ABSTRACT

The biosurfactants are molecules with surface-active characteristics, in other words, it has the potential to lower the surface tension of liquids, being indicated in various areas of industrial application and oil spill recovery in affected areas.. Through metabolic activities, bacteria and fungi synthesize these amphipathic compounds in the exponential phase of microbial growth, releasing molecules with specific properties according to the type of substrate. Thus, alternatives and biotechnological processes are sought to achieve good yields and at low cost in the obtaining of biosurfactants. The vegetable oils, waste oils from fried foods and organic residues are used for this purpose, presenting important peculiar characteristics to the production of these molecules. Currently over 80% of cleaning products are manufactured with synthetic surfactants from petroleum. The aim of this article was to highlight aspects in the production of biological surfactants and the importance of these to be employed in the industrial market.

Keywords: Biosurfactant; Surface Tension; Biotechnological Application; Industrial Market.

Data Submissão: 30/04/2016

Data Aceite: 07/06/2016