



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**TENSOATIVOS APLICADOS A PRODUTOS
SANEANTES: DETERGÊNCIA, EMULSÃO E
ESPUMA**

Tiago Taitson Barreto

**Belo Horizonte-MG
2013**



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**TENSOATIVOS APLICADOS A PRODUTOS
SANEANTES: DETERGÊNCIA, EMULSÃO E
ESPUMA**

Tiago Taitson Barreto

Monografia apresentada ao Curso de
Química Tecnológica do CEFET-MG como
parte das exigências da disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II (TCC II).
Orientador: **Patrícia Santiago O. Patrício**

Banca Examinadora:

Prof.: Patrícia Santiago O. Patrício (Orientadora)

Prof.

Prof.

**Belo Horizonte-MG
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa e minhas filhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me ajudar a passar pelos anos de curso, obrigado pelas dificuldades e pelas facilidades.

À minha esposa pelo companheirismo e apoio incondicional.

Aos meus pais pelo apoio e sustento.

LISTA DE ABREVIATURAS

RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
BPF e C	Boas Práticas de Fabricação e Controle
VISA	Vigilância Sanitária
ABIPLA	Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins
SINITOX	Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas
PIB	Produto Interno Bruto
ISO	International Standard Organization (Organização Internacional para Padronização)
CMC	Concentração Micelar Crítica
o/a	Óleo em água
a/o	Água em óleo

LISTA DE FIGURAS E FLUXOGRAMAS

	Pg.
Figura 1 – Fotografia de produtos saneantes clandestinos.	4
Figura 2 – Simbologia geralmente utilizada na rotulagem de produtos saneantes (Corrosivo, Veneno e Inflamável).	5
Figura 3 – Anúncio do primeiro sabão em pó fabricado no Brasil a partir de 1953 pela Lever, atualmente Unilever.	6
Figura 4 - Áreas de aplicações dos tensoativos mais importantes.	14
Figura 5 – Representação esquemática de uma molécula genérica de cadeia longa.	16
Figura 6 – Representação esquemática e uma molécula genérica de cadeia ramificada.	16
Figura 7 – Representação esquemática de uma molécula genérica de cadeia insaturada.	17
Figura 8 – Representação esquemática de uma molécula genérica de alquibenzenos.	17
Figura 9 – Representação esquemática de uma molécula genérica de alquilnaftalenos.	17
Figura 10 – Representação esquemática de uma molécula genérica de fluoroalquil.	18
Figura 11 – Representação esquemática de uma molécula genérica de polidimetilsiloxano.	18
Figura 12 – Representação esquemática de uma molécula genérica de polioxipropilenoglicol.	18
Figura 13 – Representação esquemática do ácido dodecilbenzenosulfônico.	20
Figura 14 – Representação esquemática do cloreto de benzalcônio.	20
Figura 15 – Representação esquemática do nonilfenoletoxicado.	21
Figura 16 – Representação esquemática do amidobetaína.	21
Figura 17 – Representação esquemática da sequência do efeito cunha provocado pela migração das micelas em solução aquosa na estabilização em novas superfícies.	25
Figura 18 – Representação da sequência de coalescência de duas gotículas de óleo em água seguida da separação em fases distintas.	29

Figura 19 – Representação esquemática das gotículas de óleo em água na presença do tensoativo acima da CMC.....	30
Figura 20 – Representação esquemática da dupla camada elétrica em gotículas de óleo estabilizadas em tensoativo aniônico.	30
Figura 21 – Representação esquemática da estabilização das gotículas de óleo com tensoativo não iônico por impedimento estérico.	31
Figura 22 – Representação esquemática da coalescência das gotículas. ...	32
Figura 23 – Representação esquemática da estabilidade por (1)repulsão de cargas e (2)estérica das gotículas na emulsão.	33
Figura 24 – Representação esquemática da sequencia de formação de espuma a partir do aparecimento de bolhas de ar em solução aquosa de tensoativo acima da CMC	36
Figura 25 – Representação esquemática da molécula de lauril sulfato em solução	37
Figura 26 – Representação esquemática do posicionamento das moléculas de lauril sulfato nas superfícies água-ar de uma bolha de espuma.....	38
Figura 27 – Representação esquemática da molécula de lauril éter sulfato.	39
Figura 28 – Representação esquemática do posicionamento das moléculas de lauril éter sulfato nas superfícies água-ar de uma bolha de espuma. ...	39
Figura 30 - Representação esquemática da solvatação de uma molécula de álcool laurílico etoxilado com quatro moléculas de óxido de eteno.	41
Figura 31 - Representação esquemática de uma molécula de álcool laurílico com duas moléculas de óxido de eteno e duas moléculas de óxido de propeno.	42
Figura 32 - Representação esquemática da solvatação da molécula de álcool laurílico com duas moléculas de óxido de eteno e duas de óxido de propeno.	42

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 – Principais componentes utilizados em produtos saneantes, suas funções e exemplos típicos.	8
Quadro 2 - Características comuns em tensoativos que devem ser avaliadas para diversas aplicações.....	15
Gráfico 1 – Relação percentual dos principais tipos de tensoativos nos Estados Unidos entre as décadas de 1940 e 2000	13
Gráfico 2 - Variação de algumas propriedades físico-químicas para uma solução com a concentração de tensoativo.....	23
Gráfico 3 - Relação entre a concentração de moléculas de tensoativo livre e a de moléculas de tensoativo agregadas em micelas com a concentração total de tensoativo.	23

RESUMO

TENSOATIVOS APLICADOS A PRODUTOS SANEANTES: DETERGÊNCIA, EMULSÃO E ESPUMA BARRETO, T. T.;

Tensoativos são substâncias de importância excepcional, tanto na natureza quanto na tecnologia. Em um grande número de processos técnicos os tensoativos desempenham um papel decisivo. A aplicação que vem primeiro à mente de todos é a detergência. Tensoativos certamente não são os únicos ingredientes ativos em um detergente; na verdade eles são o mais importante. Neste campo de aplicação diversos efeitos interfaciais entram em jogo nas interfaces envolvidas. Adsorção da molécula de tensoativo ocorre nas interfaces e leva a vários efeitos. Na interface líquido-sólido que provoca o umedecimento do substrato sólido, por exemplo um tecido ou uma superfície dura. Em uma interface líquido-líquido a tensão interfacial é reduzida o que permite emulsificação de óleos. Na interface líquido-gás a tensão superficial é reduzida e uma pressão separando em filmes finos podem surgir, assim, a geração de espuma. Apesar de as aplicações relacionadas a limpeza - detergentes para a roupa, bem como produtos de limpeza, xampu para o cabelo ou apenas sabonetes em barra simples – serem os primeiros a vir à mente da maioria das pessoas quando se pensa em tensoativos, a gama de possíveis aplicações é muito mais ampla. São usados em muitos alimentos naturais e sintéticos que fazem fases oleosa e aquosa serem compatíveis. Na produção agrícola ou preparações farmacêuticas que possibilitem a formulações estáveis de insolúveis hidrofobicamente ativos. Em tintas de água que estabilizam as partículas de látex e de pigmentos por eletrostática ou repulsão estérica e em óleos de laminação que permitem a combinação de refrigeração e lubrificação propriedades em um fluido. Para tanto o processamento e aplicação de produtos tensoativos contendo, ainda propriedades destas substâncias desempenham um papel importante.

Palavras-chave: tensoativo, detergência, limpeza.

ABSTRACT

SURFACTANTS APPLIED TO HOUSEHOLD CLEANING: DETERGENCY, FOAM AND EMULSION BARRETO, T. T.;

Surfactants are substances of exceptional importance, both in nature and in technology. In a large number of technical processes the surfactants play a decisive role. The first application that comes to mind is all of detergency. Surfactants are certainly not the only active ingredients in a detergent, in fact they are the most important. In this application field several interfacial effects come into play at the interfaces involved. Adsorption of the surfactant molecule occurs at the interfaces and leads to several effects. In liquid-solid interface which causes wetting of the solid substrate, e.g. a fabric or a hard surface. In a liquid-liquid interface the interfacial tension is reduced which allows emulsification of oils. In the liquid-gas interface surface tension is reduced and a pressure separating thin films may arise, thus generating foam. Although the applications related cleaning - laundry detergents and cleaning products, shampoo for hair or just simple bar soaps - be the first to come to mind for most people when they think of surfactants, the range of possible applications is much broader. Are used in many foods that are natural and synthetic oil and water phases are compatible. In agricultural or pharmaceutical preparations that allow the stable formulations of insoluble hydrophobically assets. In water paints that stabilize the latex particles and pigment for electrostatic or steric and rolling oils that allow the combination of cooling and lubricating properties in a fluid. For both processing and application of products containing surfactants also properties of these substances play an important role.

Keywords: surfactant, detergent, cleaning.

SUMÁRIO

	Pg.
1. INTRODUÇÃO	1
2. TENSOATIVOS APLICADOS A PRODUTOS SANEANTES: DETERGÊNCIA, EMULSÃO E ESPUMA	3
2.1 Saneantes	3
2.1.1 Definição e legislação sobre produtos saneantes	3
2.1.2 Histórico dos produtos saneantes	5
2.1.3 Principais componentes dos produtos saneantes	7
2.2 Tensoativos	11
2.2.1 Histórico do mercado de tensoativos	11
2.2.2 A importância econômica dos tensoativos	13
2.2.3 Classificação básica dos tensoativos	16
2.2.4 Características gerais dos tensoativos conforme sua polaridade	19
2.2.5 Concentração micelar crítica (CMC)	22
2.3 Principais aplicações dos tensoativos voltados aos saneantes	24
2.3.1 Detergência	24
2.3.2 Emulsão	28
2.3.3 Espuma	34
3. CONCLUSÃO	44
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

Busca-se com este trabalho tornar prático alguns dos conceitos utilizados na indústria, além de tentar abordar de forma mais dinâmica um assunto que é pouco discutido no meio acadêmico. Os tensoativos utilizados na produção de saneantes primeiramente possuem uma estíma comercial, derivando dessa característica o interesse no desenvolvimento de substâncias que melhor se adaptem comercialmente (preço), e ecologicamente, como é a demanda do mercado atual.

As propriedades dos tensoativos dependem basicamente de sua estrutura química. A maior parte dessas propriedades está relacionada a fenômenos de superfície, destacando-se a redução da tensão, a detergência, a emulsificação, a formação e estabilização, quebra ou supressão de espuma, entre outras.

Os tensoativos utilizados no ramo de saneantes possuem quatro subdivisões: (i) aniônicos, os mais utilizados e comercializados devido a sua fácil obtenção, custo e melhores resultados nos processos de limpeza, os (ii) catiônicos, geralmente utilizados como biocidas e criadores de carga em substratos neutros ou carregados negativamente, os (iii) não-iônicos, por serem mais onerosos, geralmente são utilizados em sinergia com os aniônicos apresentando bons resultados e potencializando outros tensoativos, e os (iv) anfóteros que são resultado da demanda sustentável, porém ainda possuem custo elevado.

Após a breve apresentação das propriedades dos tensoativos brevemente será apresentada mais detalhadamente, uma de suas características, se não a principal, a detergência. Essa abordagem trata-se de uma maneira mais simplificada de abordarmos o processo de limpeza, mostrando a formação de micelas e como estas atuam no processo de emulsão da sujeira.

A mistura de substâncias polares com substâncias apolares apresenta coalescência, a separação. Quando é adicionado um tensoativo ao meio ocorre, então, a emulsão. Para prosseguir com a abordagem desse conceito, as micelas também terão grande importância, pois são elas as responsáveis pelas interações entre substâncias hidrofílicas com substâncias hidrofóbicas.

Outro assunto que foi foco das discussões trata-se das espumas como indicativo de limpeza. O intuito é desmistificar o conceito de que ela é necessária ao processo de limpeza, bem como sua formação e estabilidade.

O objetivo deste trabalho é apresentar, de maneira sucinta, como os tensoativos voltados ao ramo de saneantes são vistos industrialmente, ampliar e aprofundar ainda mais o meu interesse a respeito desse tão vasto assunto.

2. TENSOATIVOS APLICADOS A PRODUTOS SANEANTES: DETERGÊNCIA, EMULSÃO E ESPUMA

2.1 Saneantes

2.1.2 Definição e legislação sobre produtos saneantes

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 184 de 22 de outubro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde define *Produtos Saneantes Domissanitários e afins*, como “todas as substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção, desinfestação, desodorização, odorização de ambientes domiciliares, coletivos e/ou públicos”. Produtos utilizados na limpeza e conservação de ambientes como, por exemplo, detergentes, ceras, inseticidas, desinfetantes, amaciantes, devem ser notificados ou registrados levando-se em conta a avaliação e o gerenciamento do risco. São considerados certos parâmetros como: a toxicidade das substâncias do produto, a finalidade de uso, as condições de uso, a população provavelmente exposta, etc., a fim de se determinar o risco do produto.

Para a fabricação desses produtos deve-se seguir uma série de normas legais e técnicas, além de ser obrigatório obter a autorização do Ministério da Saúde para comercializar os produtos saneantes. Os fabricantes estão sujeitos também à verificação do cumprimento das Boas Práticas de Fabricação e Controle (BPF e C), através de inspeções pelas VISA's municipais ou órgãos genéricos a autoridades sanitárias.

É também estabelecido pela ANVISA as diretrizes para a implementação das BPF e C para Indústrias de Saneantes Domissanitários através da Portaria nº 327 de 30 de julho de 1997, objetivando com isso garantir a segurança e a qualidade no uso desses produtos. Os itens mais importantes apontados por esta portaria para as BPF e C são: materiais (matéria-prima e materiais de embalagem), processo e produto acabado. Há presente na Portaria a descrição das práticas e cuidados necessários dentro de cada item (BRASIL, 2001).

Além de estabelecer as regras para fabricação e comercialização de produtos saneantes e fiscalizar as empresas produtoras, a ANVISA também

desenvolve campanhas a fim de alertar a população para os perigos dos produtos clandestinos. A ANVISA, em uma destas iniciativas, juntamente com a Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA) e outras organizações do setor industrial realizou a edição de uma cartilha intitulada *Orientações para os consumidores de Saneantes em 2003*. Esse material traz informações acerca dos riscos do uso de produtos clandestinos, vistos na Figura 1, como queimaduras, irritações, problemas respiratórios e graves intoxicações. Além disso, destaca aspectos importantes relacionados à compra como: as informações obrigatórias nos rótulos, o acondicionamento adequado e os procedimentos em caso de intoxicação com produtos saneantes e desde então vem sendo reeditada para atualizações do mercado (BRASIL, 2001).



Figura 1 – Fotografia de produtos saneantes clandestinos.

Fonte: METROPOLIONLINE (2011)

Segundo Descotes (1996) os produtos saneantes podem provocar a intoxicação devido ao seu uso inadequado, seja ele legal ou clandestino. No ano de 2010 foram registrados 10.815 casos de intoxicação humana por agentes domissanitários, ficando atrás somente de casos de intoxicação por medicamentos, 24.054 casos no mesmo ano, e ficando a frente outros tipos de intoxicação como animais peçonhentos (escorpiões) 9315 casos e agrotóxicos, 6882 casos, conforme dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX) vinculado ao Ministério da

Saúde. Esses dados reforçam a necessidade do trabalho regulador e fiscalizador dos órgãos do governo, a responsabilidade das empresas produtoras de saneantes e a necessidade de esclarecimento da população consumidora destes produtos.

A Figura 2 apresenta a simbologia exigida na rotulagem de produtos de acordo com a ANVISA (2011).



Figura 2 – Simbologia geralmente utilizada na rotulagem de produtos saneantes (Corrosivo, Veneno e Inflamável).

Fonte: ANVISA (2011)

2.1.2 Histórico dos produtos saneantes

Segundo Shreve (2008) escavações da antiga Babilônia demonstram que a fabricação de sabão ou algo bem parecido, já era conhecida em 2.800 a.C.. Manufaturas de sabões foram encontradas na cidade de Pompéia e datavam de 2000 a.C.. Antigos egípcios e gregos tinham o costume de se banhar. Plínio, o Velho, descreve a fabricação do sabão duro e do sabão mole, no século I. O médico grego Claudio Galeno (131-201), importante figura de seu tempo, pioneiro no ramo da medicina e considerado por muitos como “pai da anatomia”, recomendava o banhos com sabão como agente terapêutico e de limpeza. Após a queda do Império Romano, no século IV, houve um declínio dos hábitos de banho principalmente na Europa, contribuindo juntamente com as condições de vida sem higiene, para as grandes epidemias de pestes da Idade Média.

Somente a partir do século XIII que o sabão passou a ser produzido em quantidades suficientes para ser considerado uma indústria. Desde o início da Idade Média a fabricação de sabão era uma atividade bem lucrativa, pois atendia principalmente a nobreza, e os segredos de fabricação muito bem guardados. As gorduras animais e vegetais eram tratadas com cinzas de madeira e na mistura eram adicionadas fragrâncias.

Gradualmente começaram a surgir variedades: sabão para barbear e lavar o cabelo, sabão para o banho e para lavar louça. Até boa parte do século XIX, o sabão era um artigo de luxo taxado pesadamente, e somente quando esses impostos foram diminuídos o produto tornou-se acessível a toda população (Shreve, 2008).

O grande passo inicial para produção em larga escala de sabão foi à descoberta em 1791, por Leblanc, do processo de fabricação de carbonato de sódio ou barrilha, componente alcalino que se mistura as gorduras no preparo do sabão. Na metade do século XIX, a invenção do processo de amônia reduziu ainda mais os custos de produção do hidróxido de sódio ou soda cáustica. Na mesma época um químico francês, Chevreul, mostrou que a formação do sabão era na realidade uma reação química e não uma mistura mecânica de gordura e álcali como se pensava (Shreve, 2008).

A Figura 3 mostra o anúncio do primeiro sabão em pó fabricado no Brasil.



Figura 3 – Anúncio do primeiro sabão em pó fabricado no Brasil a partir de 1953 pela Lever, atualmente Unilever.

Fonte: UNILEVER (2011)

No início do século XX, começaram a aparecer os sabões de toalete, os sabões em escamas e os produtos em pó. A produção de detergentes domésticos começou na Europa na década de 30, mas foi somente depois

da Segunda Guerra Mundial que a indústria se desenvolveu. Por volta de 1916, surge o primeiro surfactante de síntese na Alemanha. Mais conhecidos hoje como tensoativos, os surfactantes, do inglês *surfactants* (*Surface Active Agents*) são componentes essenciais para limpeza que modificam as propriedades da água, diminuindo sua tensão superficial, facilitando assim o processo de lavagem. Em 1946 surge, nos Estados Unidos, o primeiro detergente reforçado, contendo um surfactante e um adjuvante destinado a lavagem de toda a roupa. Diversas pesquisas seguiram, desenvolvendo diferentes formas e apresentações dos produtos Corrêa (2005).

Segundo Corrêa (2005) o mercado de domissanitários se ampliou consideravelmente na América Latina, sobretudo no Brasil na década de 90. De acordo com a Abipla (2009) o setor de produtos de limpeza faturou, no ano de 2006, R\$10,13 bilhões, representando um crescimento de 6% em relação ao ano anterior. Em 2007 o setor fechou o ano com crescimento de mais de 7% em valor e 10% em volume de vendas. Crescimento novamente acima do produto interno bruto (PIB) brasileiro foi registrado em 2008, com faturamento de R\$11,4 bilhões (6,5% acima do registrado em 2007) e aumento de 8% em volume de produtos vendidos. Atualmente o mercado de produtos saneantes é bem estabelecido e tem penetração em quase 100% dos lares brasileiros, por fazer parte do grupo de bens de primeira necessidade como: alimentação, saúde e higiene.

Segundo Baird (2002) uma tendência observada em vários ramos industriais nos últimos tempos, por exigência dos países importadores, da legislação e/ou dos consumidores, é a busca por certificações internacionais de qualidade como a ISO (*International Organization for Standardization* ou Organização Internacional para Padronização) e a implementação de ações regulatórias que garantam confiabilidade no processo produtivo como as BPF e C, por exemplo.

2.1.3 Principais componentes dos produtos saneantes

Segundo Sironi (2009), os agentes de limpeza são utilizados em grande quantidade ao redor do mundo, para tornar possível e facilitar a remoção de sujeiras.

Atualmente, os produtos comerciais são compostos de diversos agentes químicos com diferentes funções, e alguns destes componentes podem ser observados no Quadro 1. Muitos destes agentes provocam fortes impactos ambientais e sérios danos à saúde. Por essas razões vem aumentando, principalmente em países europeus, a busca por produtos que empregam matérias-primas “ecologicamente corretas”, sendo biodegradáveis e de toxicidade mínima aos organismos vivos (CORRÊA, 2005).

Quadro 1 – Principais componentes utilizados em produtos saneantes, suas funções e exemplos típicos.

COMPONENTES	PRINCIPAIS FUNÇÕES	EXEMPLOS TÍPICOS
Abrasivos	Conferem uma ação de polimento e raspagem.	Calcita, Feldspato, Quartzo, Areia.
Ácidos	Neutralizam os outros ingredientes ou ajustam sua alcalinidade.	Ácido acético, Cítrico, Clorídrico, Fluorídrico,
Adjuvantes de produção	Conferem características importantes tais como fluidez, viscosidade, solubilidade, estabilidade correta e densidade uniforme.	Argilas, Polímeros, Silicatos e sulfatos de sódio, Solventes.
Agentes antimicrobianos	Matam ou impedem a multiplicação de microrganismos patogênicos ou que provocam odores desagradáveis.	Resina de pinho, Amônios quaternários, Hipoclorito de sódio, Bactericidas.
Agentes anti-redeposição	Impedem as sujeiras de redepositarem-se uma vez removidas pela limpeza.	Carboximetilcelulose, Policarboxilato, Polietilenoglicol, Silicato de sódio.
Agentes de branqueamento	Branqueiam, clareiam e removem manchas.	Hipoclorito de sódio, Perborato de sódio, Percarbonato de sódio.
Álcalis	Neutralizam os outros componentes ou ajustam sua acidez. Aumentam a eficiência dos surfactantes e dos	Amoníaco, Etanolamina, Carbonato de sódio, Soda cáustica, Silicato de soda.

	adjuvantes.	
Amaciantes	Propiciam suavidade as roupas e reduzem a eletricidade estática.	Amônios quaternários
Branqueadores óticos	Fixam-se nos tecidos para criar um efeito de brancura ou de brilho suplementar quando presentes a luz do dia.	Compostos fluorescentes, Incolores, Corantes.

Quadro 1 – Principais componentes utilizados em produtos saneantes, suas funções e exemplos típicos. (continuação)

Corantes	Conferem cor ao produto.	Pigmentos ou corantes
Conservantes	Protegem o produto dos efeitos naturais de envelhecimento tais como degradação, descoloração, oxidação e ataque pelos microrganismos.	Seqüestrantes, Antioxidantes, Agentes antimicrobianos.
Controladores de espuma (estabilizantes)	Mantém o nível de espuma elevado quando é bom indicador do poder de limpeza.	Amidas de alquila, Óxidos de amina.
Controladores de espuma (supressores)	Mantém o poder espumante sob controle quando a espuma pode interferir na ação de limpeza.	Fosfatos de alquila, Silicones, Sabões.
Enzimas	Proteínas classificadas em função do tipo de sujeira que quebram em elementos mais simples que o detergente pode remover.	Amilase, Lipase, Protease, Celulase.
Inibidores de corrosão	Protegem as partes metálicas dos equipamentos, motivos decorativos nas porcelanas, utensílios metálicos, etc.	Silicatos de sódio
Opacificantes	Reduzem a transparência do produto Produzem efeitos luminosos especiais.	Polímeros, Óxido de titânio.
Essências	Mascaram o odor original dos outros componentes e das embalagens; cobrem o cheiro das sujeiras; caracterizam o produto; deixam um odor final agradável na roupa e na casa.	Misturas de substâncias odoríferas.
Solventes	Impedem a deterioração ou a	Etanol,

	separação dos ingredientes nos produtos líquidos. Dissolvem as sujeiras orgânicas. Limpam sem deixar resíduos.	Isopropanol, Etilenoglicol.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------

Fonte: CORRÊA, 2005.

Estes materiais podem ou não se comportar como tensoativos em formulações, geralmente são coadjuvantes em formulações com um tensoativo principal.

2.2 Tensoativos

Os compostos tensoativos ou simplesmente tensoativos são substâncias anfifílicas, ou seja, possuem em sua estrutura molecular grupos com características opostas.

Em todas as moléculas tensoativas há um grupo polar que possui afinidade por água (e, também por outros compostos polares), denominado grupo hidrofílico. Na mesma molécula há também o chamado grupo hidrofóbico, que por sua natureza apolar, não possui afinidade por água, mas possui por substâncias oleosas (ou, de uma maneira geral, substâncias apolares), sendo chamado muitas vezes de grupamento lipofílico. Todos os agentes tensoativos são constituídos, portanto, de moléculas que exibem duas porções estruturais distintas que manifestam tendências opostas de solubilidade (MYERS, 2006).

2.2.1 Histórico do mercado de tensoativos

Conforme Tadros (2005) o mercado de tensoativos nos últimos 60 anos mudou muito. Nos anos 40 a produção de tensoativos (da ordem de 1,6 Mt) se limitava essencialmente aos sabões (sais de ácidos graxos) produzidos de acordo com uma tecnologia antiga. Ao final da segunda guerra mundial, as olefinas curtas, tais como eteno e propeno, se tornaram mais disponíveis no mercado como resíduo da produção de combustíveis e petroquímicos, geradas a partir da nafta de petróleo. Em especial foram obtidas grandes quantidades de propeno (subproduto do craqueamento catalítico do petróleo) que, na época, tinha poucas aplicações. O baixo custo dessas olefinas permitiu substituir os ácidos graxos por radicais alquila sintéticos obtidos pela polimerização do propeno. Assim, nasceram os detergentes sintéticos do tipo alquilbenzeno sulfonato, que substituíram os sabões em máquina de lavar roupa, em lavagem de pratos e em outras aplicações domésticas.

Na década de 50, o desenvolvimento de novos processos de craqueamento permitiu a fabricação de eteno como matéria-prima de polímeros e para a produção de óxido de eteno e, conseqüentemente, dos tensoativos etoxilados (TADROS, 2005).

A partir de 1965, novas leis de proteção ambiental limitaram a utilização de polímeros de propileno ramificados na fabricação de tensoativos sintéticos em virtude de sua baixa biodegradabilidade, o que provocava problemas de alteração nas cadeias alimentares nos ecossistemas e a formação de espuma estável e resistente por dias, em rios com quedas de água. Desde então, os produtos de tensoativos tiveram de se adaptar a novas matérias-primas, como os polímeros lineares de propileno e os alquil benzeno sulfonatos, que são hoje os tensoativos sintéticos de menor custo no mercado (TADROS, 2005).

Nos anos 70 houve uma proliferação de fórmulas novas e uma grande diversificação do mercado industrial e doméstico. Especialmente no Brasil, o uso de sabonetes e xampus cresceu pela substituição dos sabões de banho, comuns no mercado. Nessa mesma época o consumo de sabões em pó acompanhou o crescimento da demanda por máquinas de lavar, substituindo os sabões em barra. Os desinfetantes, bem como os produtos para limpeza de cozinha, passaram a ser utilizados pelo grande público. Com o crescimento desses produtos específicos, os sabões deixaram de representar mais da metade da produção de tensoativos como acontecia até a década anterior (TADROS, 2005).

Nos anos 80 os tensoativos catiônicos (em formulações de amaciantes para roupa e condicionadores de cabelo) passaram a ser utilizados em grande escala pelos consumidores domésticos e os tensoativos anfóteros apareceram no mercado, na forma de xampus infantis devido a baixa irritabilidade ou como co-tensoativos em formulações de detergentes e cosméticos (TADROS, 2005).

A década de 90 foi marcada pela grande diversificação de formulações cosméticas e de detergentes, com produtos específicos para higiene de diferentes partes do corpo e da casa, bem como produtos inexistentes anteriormente, como os cremes para pentear e os limpadores específicos para banheiro (TADROS, 2005).

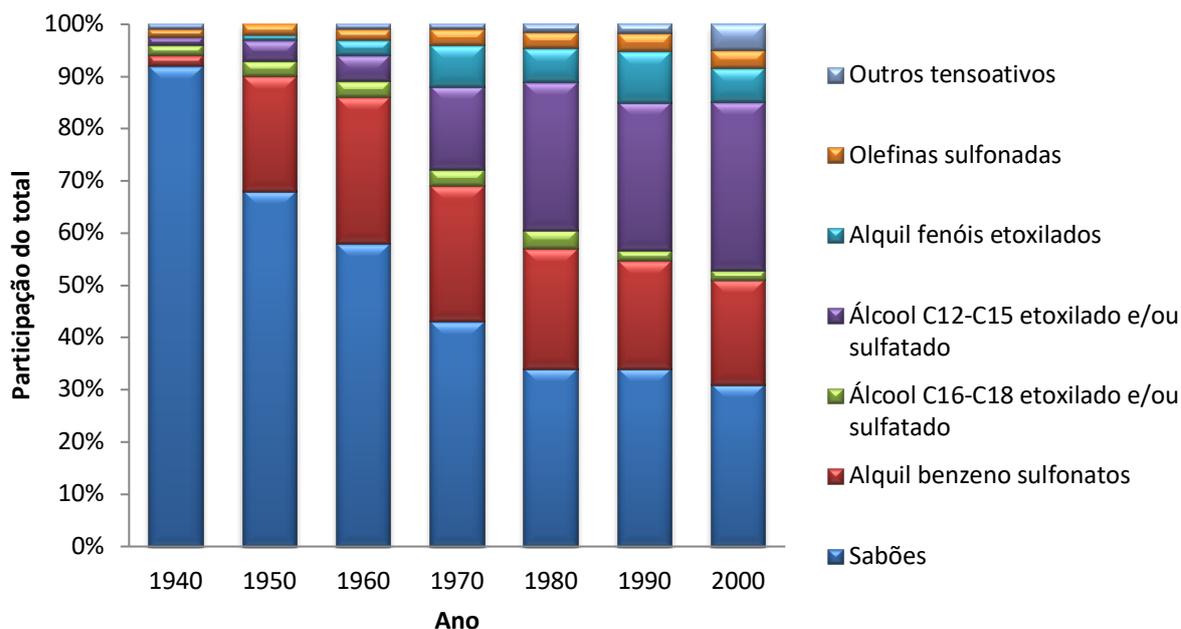


Gráfico 1 – Relação percentual dos principais tipos de tensoativos nos Estados Unidos entre as décadas de 1940 e 2000

Fonte: TADROS (2005)

A vertente mais marcante nos anos 2000 tem sido a sustentabilidade, principalmente com a substituição de tensoativos de origem exclusivamente petroquímica por tensoativos com maior percentual de matérias-primas de origem vegetal e a redução do uso de tensoativos cuja biodegradação possa gerar resíduos que prejudiquem o meio ambiente (TADROS, 2005).

2.2.2 A importância econômica dos tensoativos

As aplicações de tensoativos na ciência e na indústria são vastas, vão desde processos primários de produção, tais como a recuperação e purificação de matérias-primas para as indústrias de mineração e petróleo, para melhorar a qualidade de produtos acabados, tais como tintas, cosméticos, produtos farmacêuticos, saneantes, alimentícios, etc. A Figura 4 ilustra algumas das mais importantes funções dos tensoativos e sua aplicação no mercado. Como as demandas econômicas, ecológicas, de desempenho, de processos aditivos vêm crescendo, tais como aumento na diversidade de tensoativos, parece óbvio que a nossa necessidade de compreender as relações entre as estruturas químicas desses materiais e suas manifestações físicas em determinadas circunstâncias se torna cada vez mais importante (MYERS, 2006).

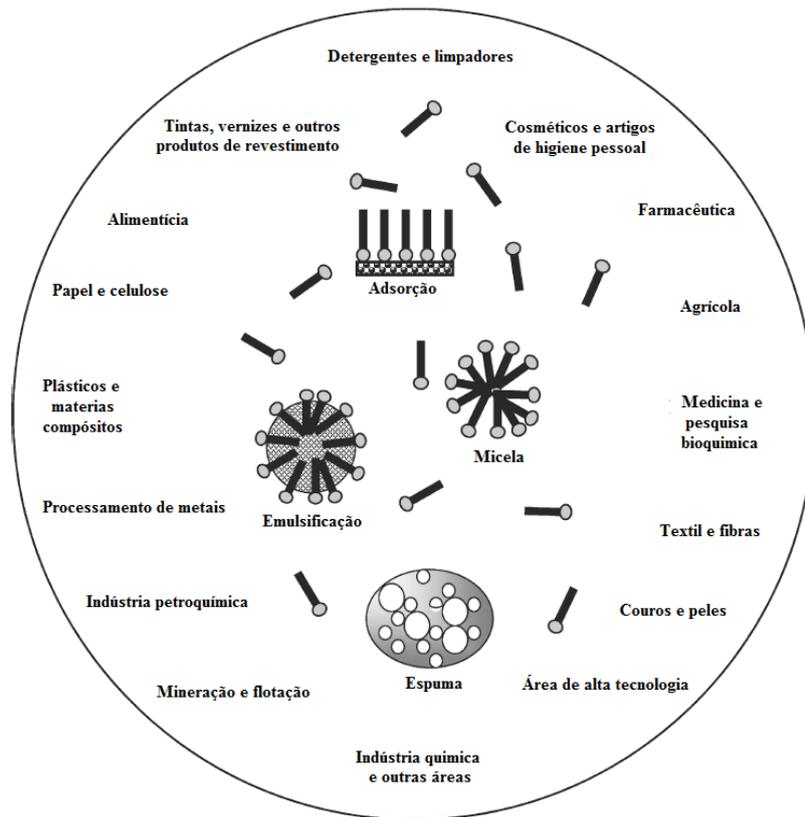


Figura 4 - Áreas de aplicações dos tensoativos mais importantes.
Fonte: MYERS (2006)

Segundo Yangxin (2008) as propriedades desejadas dos tensoativos podem variar significativamente em muitas das aplicações observadas na Figura 4. Por esta razão, tal como características de solubilidade, capacidade de reduzir a tensão superficial, da concentração micelar crítica (CMC), o poder de detergência, molhamento de controle e capacidade de formação de espuma, pode tornar o desempenho de um tensoativo bom em algumas aplicações e ruim em outras.

O “tensoativo universal” que atende a todas as necessidades variadas de aplicações surfactante ainda está para surgir do laboratório industrial ou acadêmico. Por enquanto, basta dizer que cada aplicação terá requisitos específicos que irão determinar a utilidade de um tensoativo específico em um determinado sistema.

Algumas das características fundamentais que devem ser avaliados para um surfactante proposto para algumas aplicações específicas estão listadas no Quadro 2 (MYERS, 2006).

Quadro 2 - Características comuns em tensoativos que devem ser avaliadas para diversas aplicações.

Aplicação	Características
Detergência	Baixo CMC, boa concentração de sal e pH estável, biodegradabilidade, boa formação de espuma.
Emulsificação	Adequado HLB, ambiental e biologicamente seguro.
Lubrificação	Estável quimicamente, adsorver em superfícies.
Flotação Mineral	Adequadas características de adsorção do minério de interesse, ser de baixo custo.
Recuperação de petróleo	Umedecimento adequado do óleo, formação de microemulsão e propriedades de solubilização, facilidade de emulsão após a recuperação do petróleo.
Farmacêutica	Biocompatibilidade, baixa toxicidade, adequadas propriedades emulsificantes.

Fonte: MYERS, 2006.

O ritmo acelerado, altamente competitivo dos modernos desenvolvimentos industriais muitas vezes exige rapidamente, a solução mais econômica possível para um problema, consistente com as necessidades do produto, porém quanto maior a necessidade maior o custo para se obter a solução. No domínio da ciência e tecnologia de tensoativos, muitas vezes a solução mais rápida é marginalmente aceitável, mas poderia ser substituída por uma alternativa superior, possivelmente, mais econômica, se houvesse uma disseminação maior de conhecimento a respeito dos tensoativos por parte das grandes indústrias para instituições de ensino. Infelizmente, o mundo dos tensoativos historicamente não tem recebido ampla cobertura na maioria das situações de formação acadêmica, e a maioria dos trabalhadores e pesquisadores têm pouca familiaridade com os conceitos básicos e os processos envolvidos. Devido a sua importância econômica os tensoativos são motivo de pesquisas particulares financiadas por grandes grupos econômicos.

Se por um lado a pesquisa particular se torna cara, porém rápida, essa pesquisa é capaz de produzir segredos industriais. Por outro a pesquisa acadêmica necessita de certa burocracia para ser validada, é mais morosa, mas produz resultados de livre acesso, fazendo com que uma pesquisa possa ser aperfeiçoada por outras.

2.2.3 Classificação básica dos tensoativos

Em sistemas aquosos o grupo hidrofóbico é geralmente um grupo hidrocarboneto de cadeia longa. O hidrófilo ou cabeça vai ser um grupo iônico ou altamente polar que pode conferir alguma solubilidade em água à molécula. A classificação química mais útil de agentes tensoativos de superfície é baseada na natureza do equilíbrio hidrófilo, os subgrupos são divididos com base na natureza do hidrófobo ou cauda (Farn, 2006). As quatro classes básicas de tensoativos foram explicitadas no tópico anterior.

De acordo com Farn (2006) geralmente a natureza dos grupos hidrófobos pode ser significativamente mais variada do que para o hidrófilo. Muitas vezes eles são grupos de hidrocarbonetos de cadeia longa, no entanto, eles podem incluir estruturas variadas tais como:

1. Cadeia longa, linear com grupos alquil ($n = C_8-C_{22}$, com a substituição do grupo cabeça).

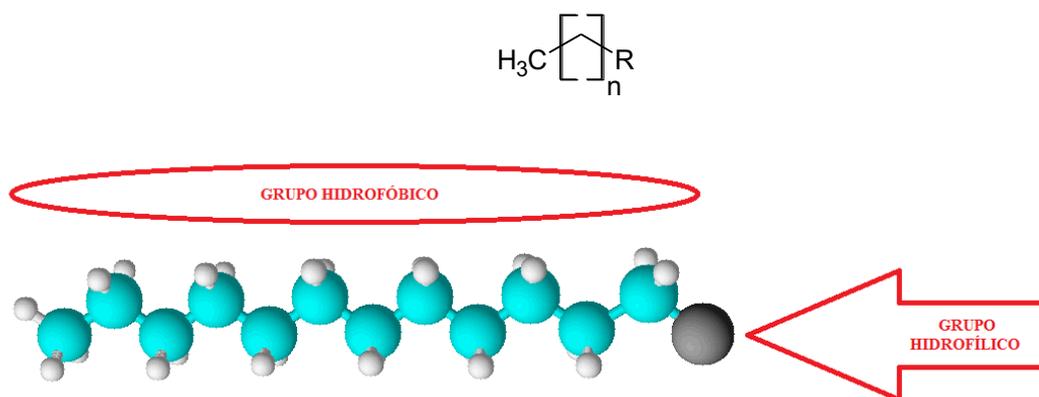


Figura 5 – Representação esquemática de uma molécula genérica de cadeia longa.

2. Cadeia ramificada, grupos alquil (C_8-C_{22} , de substituição interna).

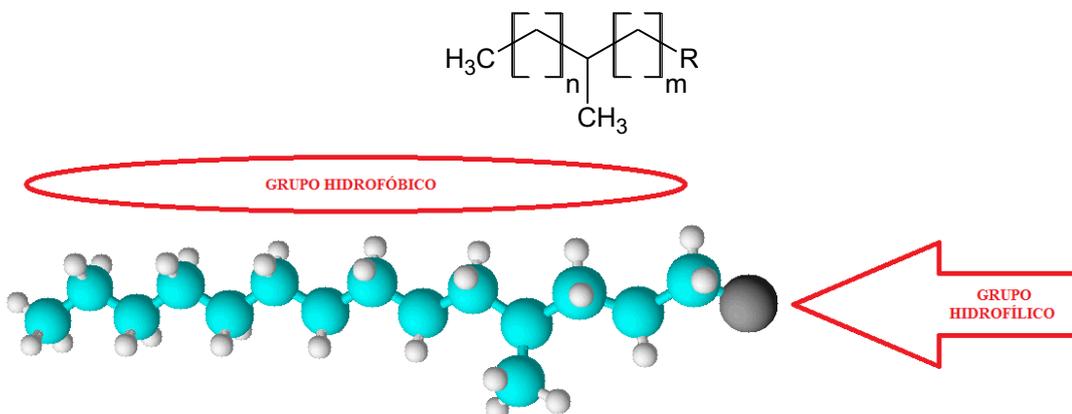


Figura 6 – Representação esquemática e uma molécula genérica de cadeia ramificada

3. Cadeias insaturadas alcenil, tais como aqueles derivados a partir de óleos vegetais.

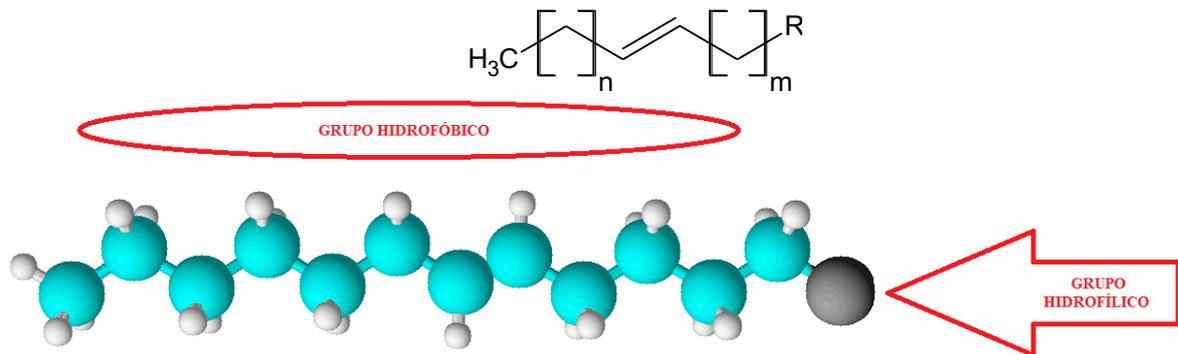


Figura 7 – Representação esquemática de uma molécula genérica de cadeia insaturada

4. Alquilbenzenos ($C_8-C_{15}C_6H_4$ com vários padrões de substituição)

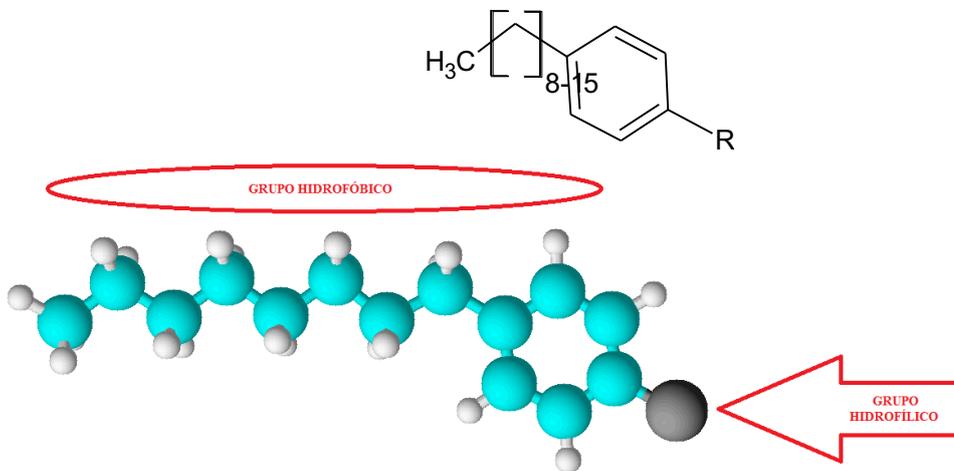


Figura 8 – Representação esquemática de uma molécula genérica de alquilbenzenos

5. Alquilnaftalenos (alquil R usualmente C_3 ou superior)

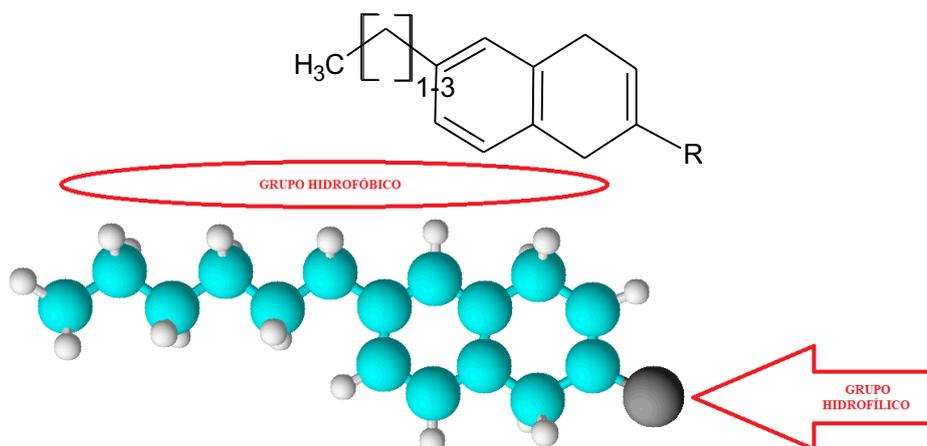


Figura 9 – Representação esquemática de uma molécula genérica de alquilnaftalenos

6. Grupos fluoroalquil ($n > 4$, parcial ou totalmente fluorados)

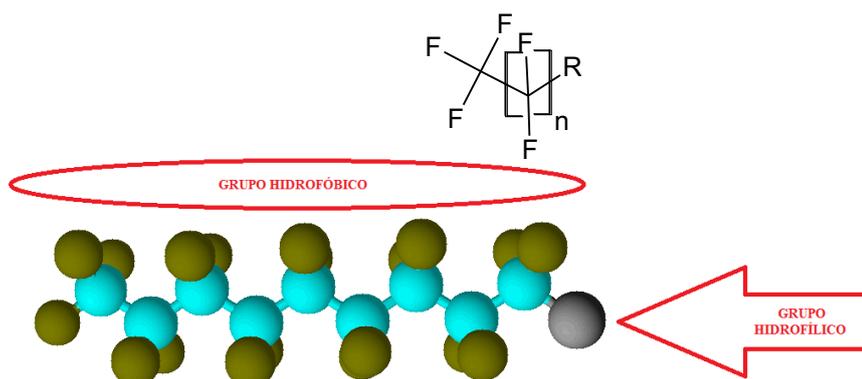


Figura 10 – Representação esquemática de uma molécula genérica de fluoroalquil

7. Polidimetilsiloxano

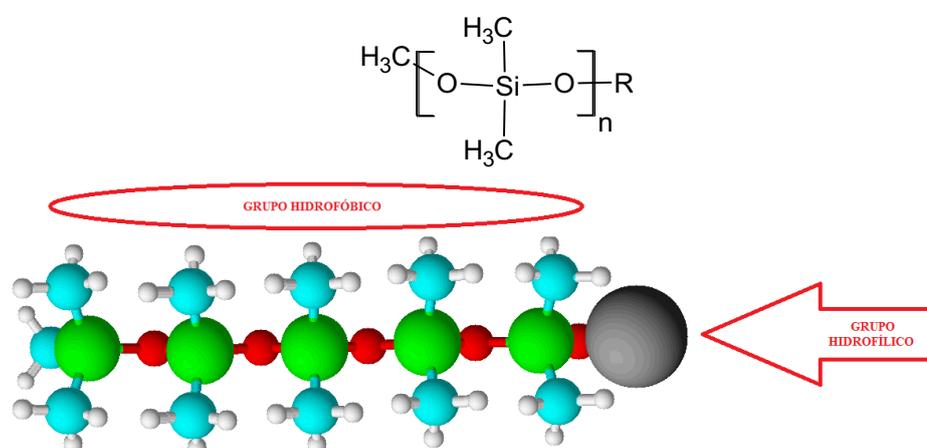


Figura 11 – Representação esquemática de uma molécula genérica de polidimetilsiloxano

8. Derivações polioxipropilenoglicol

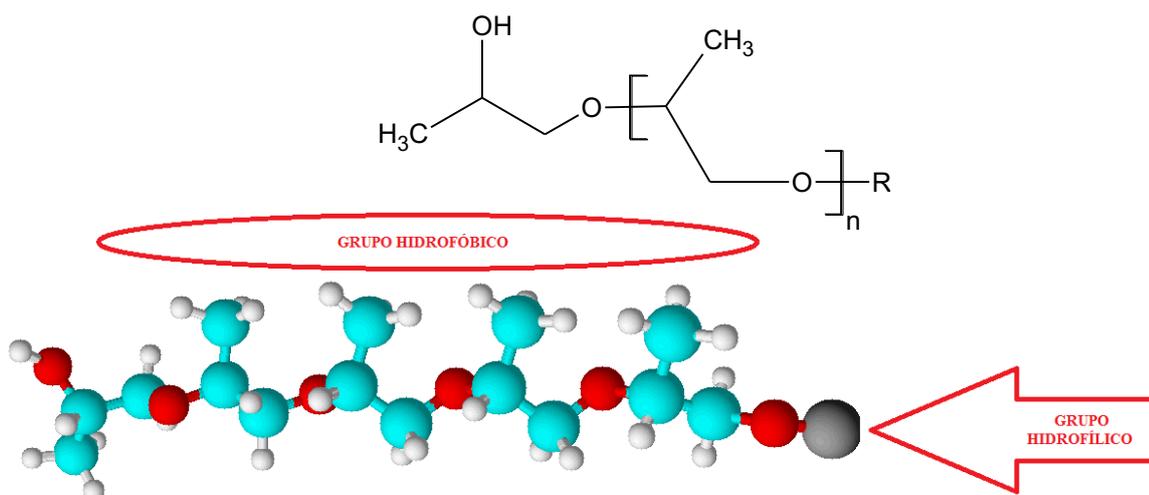


Figura 12 – Representação esquemática de uma molécula genérica de polioxipropilenoglicol

9. Biotensoativos (tensoativos naturais)

Lipoproteínas

10. Derivados de polímeros naturais e sintéticos.

Com uma grande variedade de estruturas disponíveis, não é surpreendente que a seleção de um agente tensoativo adequado para uma determinada aplicação pode tornar-se um problema significativo em termos de fazer a melhor escolha do material para uma determinada aplicação (Szewzyk, 2008).

2.2.4 Características gerais dos tensoativos conforme sua polaridade

Segundo Stalmans (2007) a polaridade dos tensoativos é a principal característica a ser levada em conta quando se escolhe um tensoativo para uma determinada aplicação. As mais importantes características dos principais tipos de tensoativos são mostradas a seguir:

Tensoativos Aniônicos

1. Constituem a maior classe de tensoativos e a mais utilizada pela indústria em geral, pois nessa classe se encontram os tensoativos principais dos sabões, sabonetes, xampus e detergentes.
2. Geralmente não são compatíveis com tensoativos catiônicos em virtude da neutralização de cargas.
3. Normalmente são sensíveis a água dura. Devido à água dura apresentar alto teor de sais de cálcio e magnésio que podem neutralizar e precipitar o tensoativo eliminando seu objetivo. A sensibilidade à água dura é menor nos tensoativos sulfatados ou sulfonados. Essa sensibilidade também pode ser atenuada com a adição de sequestrantes químicos, como EDTA.
4. As características físico-químicas dos tensoativos aniônicos são fortemente influenciadas pela presença de eletrólitos em solução (sais solubilizados ou extremos de pH).
5. A inserção de uma pequena cadeia de óxido de eteno entre o grupo apolar e o grupo aniônico aumenta a tolerância à água dura ou à

presença de eletrólitos e aumenta também o poder espumante e o tempo de residência da espuma.

6. Os tensoativos sulfatados são pouco estáveis em meio ácido, pois pode haver reversão da reação de sulfatação. Os outros tipos de tensoativos aniônicos são estáveis a variações de pH, contanto que não sejam extremas.

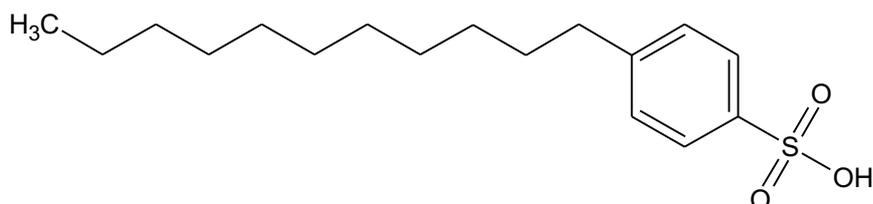


Figura 13 – Representação esquemática do ácido dodecilbenzenosulfônico.

Tensoativos catiônicos

1. Constituem uma classe representada por poucos tensoativos. Hoje somente há disponibilidade, no mercado brasileiro, de tensoativos catiônicos baseados no nitrogênio quaternário.
2. Os tensoativos catiônicos apresentam as mais altas toxicidades aquáticas quando comparados com outras classes de tensoativos.
3. As características físico-químicas dos tensoativos catiônicos são fortemente influenciadas pela presença de eletrólitos em solução (sais solubilizados ou extremos de pH).
4. São os tensoativos que apresentam mais alta capacidade de aderirem as superfícies sólidas, mesmo após a retirada da solução do tensoativo, sendo utilizados como aditivos de lubrificantes, amaciantes e anticorrosivos.

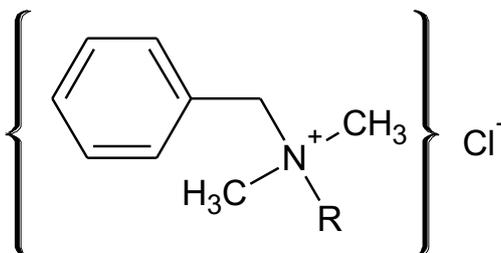


Figura 14 – Representação esquemática do cloreto de benzalcônio

Tensoativos não iônicos

1. Constituem a segunda classe de tensoativos mais utilizada no mercado.
2. Os tensoativos não iônicos são pouco sensíveis a água dura.
3. Contrariamente aos tensoativos aniônicos e catiônicos, as propriedades físico-químicas dos tensoativos não iônicos não são fortemente influenciadas pela presença de eletrólitos.
4. As propriedades físico-químicas dos tensoativos etoxilados são fortemente dependentes da temperatura. De forma diferente dos tensoativos aniônicos e catiônicos, na maioria dos tensoativos não iônicos a solubilidade decresce com o aumento da temperatura.

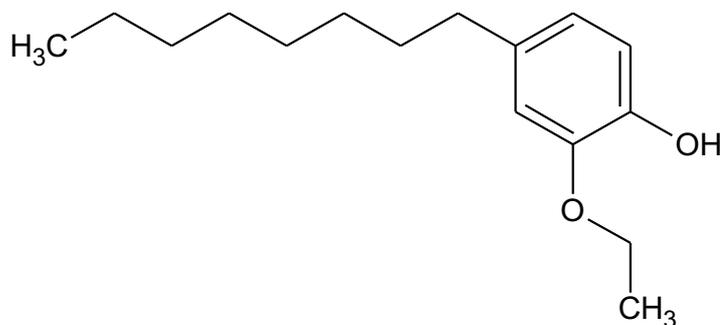


Figura 15 – Representação esquemática do nonilfenoletoxilado.

Tensoativos anfóteros

1. Constituem a classe de tensoativos menos utilizada no mercado devido ao alto custo.
2. Por terem as duas cargas – negativa e positiva – na molécula, apresentam propriedades de organização com as moléculas de tensoativos aniônico e catiônico que modificam suas propriedades, permitindo a redução, por exemplo, de sua irritabilidade ocular.

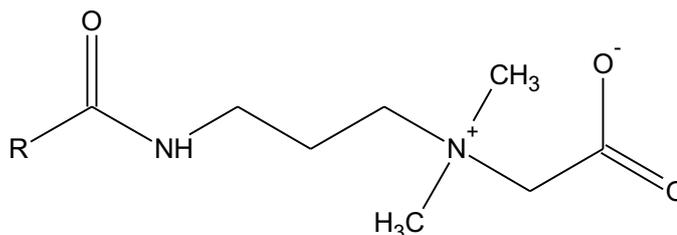


Figura 16 – Representação esquemática do amidobetaina

2.2.5 Concentração micelar crítica (CMC)

Quando são medidas as variações de algumas propriedades físico-químicas de soluções aquosas de tensoativos, verificam-se algumas peculiaridades a partir de certa concentração exemplificadas no Gráfico 2 para um tensoativo iônico. Essas alterações que começam a ocorrer a partir de uma mesma determinada concentração de tensoativo, sugerem que haja alguma forma de organização molecular na solução de tensoativo a partir dessa concentração, individual para cada tensoativo.

As primeiras ideias de formação de micelas foram desenvolvidas em 1913 por J.W. McBain, na Universidade de Bristol, a partir de estudos com soluções de sais de ácidos carboxílicos. O conceito de formação espontânea de agregados de tensoativos em micelas foi apresentado em 1925 no *Colloid Committee for the Advancement of Science*, em Londres, e, na época, não foi aceita (Daltin, 2011).

Na concentração em que o número de moléculas de tensoativo por volume seja superior a um determinado valor, são incentivados os choques entre as moléculas aumentando a probabilidade de organização destas em sistemas mais estáveis termodinamicamente. Essas estruturas são conhecidas como micelas, e podem adotar formas bastante diferenciadas, dependendo da estrutura molecular e da concentração em que o tensoativo esteja na solução. A concentração a partir da qual esse tipo de estrutura é encontrada é a concentração micelar crítica (CMC) (Schramm, 2005).

A CMC é a mais importante característica físico-química de um tensoativo, pois representa a barreira entre concentrações em que as moléculas têm comportamento diferente, sendo importante seu conhecimento para que se possa entender as aplicações possíveis de cada tensoativo. A CMC de um tensoativo pode ser medida pela avaliação de qualquer propriedade físico-química que seja alterada pela organização das moléculas em micelas, como a tensão superficial e a solubilização. Para tensoativos iônicos também é utilizada a variação da condutividade com sua concentração, pois esta propriedade cresce com a concentração de tensoativos livres em solução, mas deixa de crescer a medida que são formadas as micelas (Schramm, 2005).

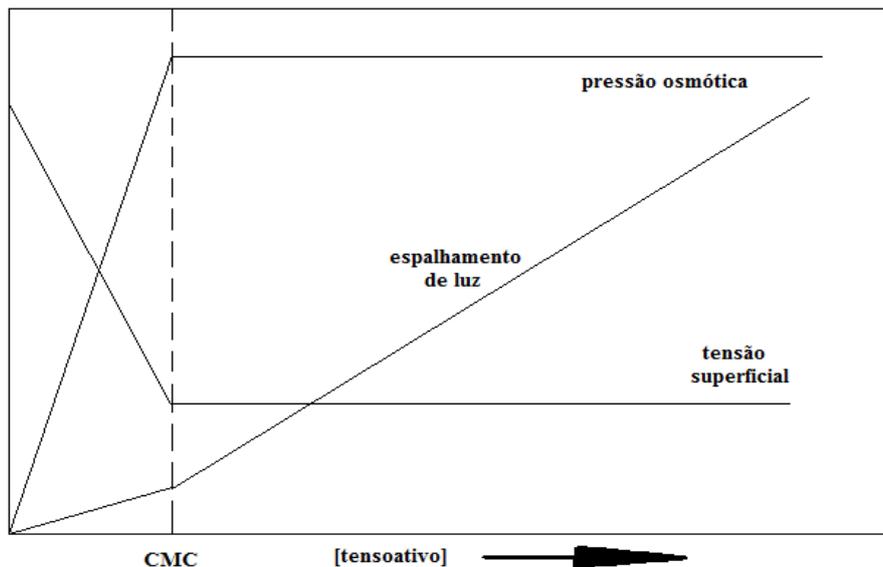


Gráfico 2 - Variação de algumas propriedades físico-químicas para uma solução com a concentração de tensoativo.

Fonte: DALTIM (2011) apud ISRAELAVICHVILI (1985)

A CMC pode ser considerada a mais baixa concentração em que o tensoativo livre está em equilíbrio com as micelas. Existe então um equilíbrio dinâmico em concentrações superiores a CMC, pois, conforme mostra o Gráfico 3 a concentração de tensoativo organizado em micelas cresce com o aumento da concentração total apesar da concentração de tensoativo livre se manter aproximadamente constante.

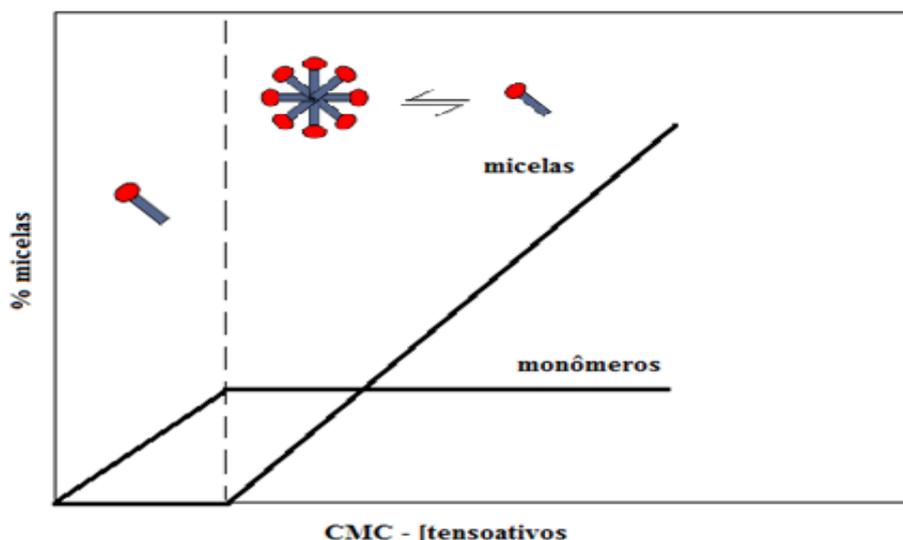


Gráfico 3 - Relação entre a concentração de moléculas de tensoativo livre e a de moléculas de tensoativo agregadas em micelas com a concentração total de tensoativo.

Fonte: DALTIM (2011)

2.3 Principais aplicações dos tensoativos voltados aos saneantes

2.3.1 Detergência

O processo de limpeza de uma superfície consiste na remoção de materiais estranhos indesejáveis, sejam eles sólidos ou não. Partindo-se do princípio que o termo detergência deve ser aplicado a sistemas que contenham as seguintes características (Daltin, 2011):

1. O processo de limpeza deve ser conduzido em um meio líquido ou aquoso;
2. A ação de limpeza é um resultado de interações interfaciais entre a sujeira, a superfície e o sistema solvente;
3. O processo não é a solubilização da sujeira no solvente, embora este processo deva desempenhar seu papel (solubilização não é detergência).

Conforme Daltin (2011) em um sistema em que se busque a limpeza de uma superfície, normalmente usa-se água como solvente. A grande maioria das substâncias polares será solúvel em água e será carregada por esta, liberando a superfície a ser limpa de sujidades polares. No entanto, existe grande quantidade de sujidades não polares (óleos, gorduras, ceras, pós, etc.) que devem ser limpas. A opção de limpeza com um solvente apolar é, na maioria das vezes, pouco viável. Portanto deve-se proporcionar a retirada de sujeiras apolares com um solvente polar, água. Um tensoativo pode proporcionar uma mistura estável entre a sujeira apolar e a água em decorrência de sua alta afinidade pelas novas superfícies criadas.

O efeito de detergência acontece pelo mesmo mecanismo em qualquer superfície suja durante o processo de lavagem com um tensoativo, seja um tecido, um prato, ou outro qualquer segundo Daltin (2011). Por exemplo, um substrato que apresenta sujidade oleosa e que necessita ser lavado, essa sujidade oleosa está situada sobre o substrato e, quando imerso em solução aquosa de tensoativo que esteja acima de sua CMC, ocorre o mesmo efeito que na formação de uma emulsão. As moléculas do tensoativo em micelas rapidamente ocupam a superfície do óleo com a água e do substrato com a água. Assim que todas essas superfícies forem

ocupadas por moléculas de tensoativo, caso ainda haja micelas em quantidade suficiente, haverá uma tendência para as moléculas de tensoativo dessas micelas ainda procurarem se posicionar nessas superfícies. Essa tendência gera uma força, chamada de efeito cunha, que busca aumentar o tamanho das superfícies para permitir que mais moléculas de tensoativo possa se estabilizar. Assim sendo, a sujidade oleosa vai se deformando e sendo expulsa da superfície do substrato pelo efeito cunha, pois isso aumenta a superfície de estabilização de moléculas do tensoativo disponíveis.

Esse efeito é amplificado pela agitação ou atrito, o que auxilia na retirada da sujidade da superfície. O aquecimento também auxilia nesse efeito, pois reduz a viscosidade, tornando-a mais facilmente deformável na superfície.

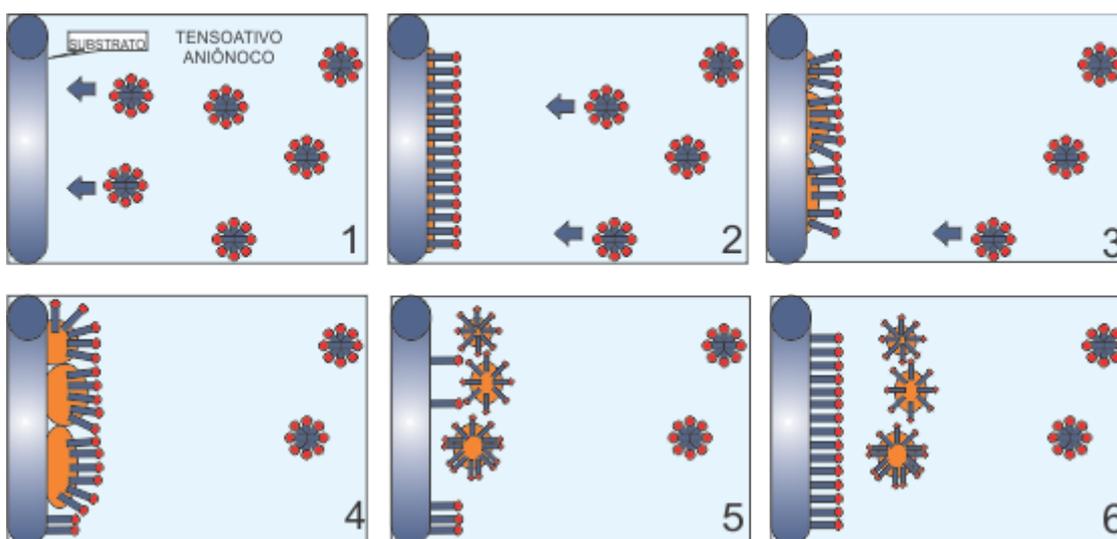


Figura 17 – Representação esquemática da sequência do efeito cunha provocado pela migração das micelas em solução aquosa na estabilização em novas superfícies.

Como resultado final do efeito de detergência, há formação de uma emulsão de sujidade oleosa em água, ou de uma dispersão em água, caso a sujidade seja um pó. A estabilização da emulsão de sujidade em água até o momento do enxágue é importante para uma boa detergência, função normalmente realizada por um tensoativo aniônico. Caso a emulsão não seja estável, ocorre o efeito de redeposição da sujidade sobre a superfície que já havia sido limpa. Para que isso não ocorra, o tensoativo utilizado, ou

mistura deles, deve apresentar o efeito de se estabilizar na superfície que foi limpa e também sobre a gotícula de sujidade. A concentração de tensoativo aniônico nas superfícies garante que haverá repulsão entre as gotículas de sujidade e a superfície limpa de forma que, quando uma gotícula se aproximar novamente da superfície, será repelida, como mostrado na Figura 17 (Daltin, 2011).

Até o momento do enxágue a estabilidade dessa emulsão formada deve ser suficiente para manter a sujidade suspensa em água. Todas as estruturas solúveis em água são retiradas, quando novas parcelas de água são utilizadas no enxágue. Portanto, são levadas as gotículas de sujidade suspensas, mas também o tensoativo que está localizado nas superfícies sólidas. Isso ocorre porque, normalmente, nessas lavagens é utilizado um tensoativo aniônico que é altamente solúvel em água.

Quando se realiza a lavagem de tecidos ou cabelos utilizando tensoativos, toda a sujidade é retirada, juntamente são retirados todos os tipos de gorduras ou ceras que propiciam a lubrificação dos fios ou fibras e melhoram o brilho e caimento dos cabelos. Normalmente procede-se, então o amaciamento das fibras têxteis ou o condicionamento dos cabelos (Bondi, 2010).

De acordo com Bondi (2010) o amaciamento ou condicionamento básico consiste na utilização de uma solução de tensoativo catiônico que, por ser pouco solúvel em água, adere bem nas superfícies sólidas e é pouco retirado no enxágue. Os tensoativos catiônicos trazem em sua estrutura uma carga positiva verdadeira, portanto, as estruturas das fibras têxteis e dos fios dos cabelos em que eles se depositam passam a apresentar carga eletrostática, provocando a repulsão entre elas. Essa repulsão é responsável pelo aumento de volume dos tecidos e pelo efeito desembaraçante dos fios de cabelo.

Os tensoativos catiônicos aderidos ao cabelo são formados por uma parte apolar, essa parte da molécula, além de proporcionar melhor brilho pelo fechamento das escamas naturais do cabelo, ainda proporciona peso ao cabelo, permitindo um melhor caimento e aumento da lubrificação dos fios, podendo ser considerada como auxiliar de penteabilidade.

As formulações de condicionadores de cabelo e amaciantes apresentam também diversos outros componentes que melhoram o seu

desempenho final e proporcionam a adequação do produto ao tipo de cabelo ou fibra têxtil. O tensoativo catiônico é o agente principal desse tipo de formulação, pois se adsorve sobre as superfícies sólidas, garantindo a repulsão eletrostática entre os fios, o que origina a sensação de maciez do cabelo ou do tecido (Bondi, 2010).

2.3.1.1 Formas de sujeiras

Segundo Bondi (2010), geralmente, nas situações de detergência são encontrados dois tipos de sujeira: materiais líquidos oleosos e materiais sólidos particulados. As interações interfaciais de cada um destes com a superfície a ser limpa são, usualmente, muito diferentes e os mecanismos de remoção de sujeira podem ser correspondentemente, distintos.

As sujeiras sólidas podem consistir de proteínas, argilas, fuligem, óxidos metálicos, etc. As sujeiras líquidas podem conter gorduras da pele, alcoóis e ácidos graxos, óleos minerais e vegetais, óleos sintéticos, componentes líquidos de cremes e produtos cosméticos, etc.

Assim como para as sujeiras sólidas, as características das sujeiras líquidas também variam muito, porém há uma teoria única de detergência que permita uma generalização do processo, devido a algumas similaridades entre os dois tipos de sujeira. A adesão de ambas as sujeiras sólida e líquida as superfícies é o resultado de interações de Van der Waals. A adesão por interações eletrostáticas é muito menos importante, especialmente para os sistemas de sujeiras líquidas, mas pode se tornar importante em alguns sistemas de sujeiras sólidas (Quitmeyer, 1995).

Conforme Myers (2006) a adsorção devido a outras forças polares, tais como interações ácido-base ou ligações hidrogênio, é, também, usualmente, de menor importância, pois geralmente não ocorre detergência nesses tipos de interações mais fortes. Entretanto, quando isto ocorre, o resultado pode ser uma maior dificuldade de remoção pelos processos de limpeza normais. Devido à adsorção de sujeira ser predominantemente através de interações de Van der Waals, as sujeiras apolares podem ser especialmente difíceis de remover das superfícies hidrofóbicas, tais como gorduras de poliésteres. As sujeiras hidrofílicas, por outro lado, podem ser mais difíceis de remover das superfícies hidrofílicas, tais como líquidos polares do algodão.

As forças mecânicas também podem inibir a ação de limpeza, especialmente em materiais fibrosos com particulados sólidos, devido ao aprisionamento da sujeira entre as fibras. É óbvio, então, que o processo de limpeza pode ser extremamente complexo e resultados ótimos são possíveis somente para sistemas extremamente definidos, sendo que o detergente universal parece fora do alcance tecnológico.

2.3.2 Emulsão

Caso tente-se misturar dois líquidos imiscíveis em um béquer, por exemplo, óleo e água, por agitação forte, ocorrerá a formação de pequenas gotículas de óleo espalhadas pela água, ou inversamente, que, após algum tempo de repouso se separarão novamente em duas fases distintas. A fusão de duas gotículas de óleo que estavam suspensas em água, também chamada de coalescência, ocorre em decorrência do fato de essas gotículas serem expulsas do meio aquoso, pois apresentam pouca interação com este (Farn, 2006).

Quando duas gotículas de óleo em água se encontram, ocorre a coalescência destas em uma gotícula maior, como evidenciado pela Figura 18. Essa gotícula maior tem a superfície de contato com a água muito menor que a soma das superfícies das duas gotículas originais. Dessa forma, menos moléculas de água estarão localizadas na superfície, onde estariam sofrendo tensões, e voltam para o interior do líquido, onde são mais estáveis. Conforme várias gotículas de óleo se agrupam, a área superficial total diminui ainda mais, gerando gotas cada vez maiores. Por causa do maior volume das gotas de óleo e da diferença de densidade entre o óleo e a água, a força de ascensão passa ser suficiente para que gotas maiores subam através da água concentrando-se na parte superior da mistura. Com essa aglomeração das gotas de óleo na parte de cima, mais gotas de óleo estarão vizinhas, fazendo com que a coalescência continue até a separação total de fases (Penteado, 2006). O mesmo béquer com óleo e água é agitado agora na presença de um tensoativo em concentração acima de sua CMC. Como novas superfícies óleo-água são criadas quando gotículas são dispersas na água, a tendência é que o tensoativo que esteja organizado em micelas se direcione para as novas superfícies de óleo-água, primeira opção de estabilização, recentemente criadas pela agitação. Esse

efeito ocorrerá rapidamente, caso haja uma boa quantidade de micelas disponíveis na solução, por isso é necessário que a concentração de tensoativo esteja acima da CMC (Farn, 2006).

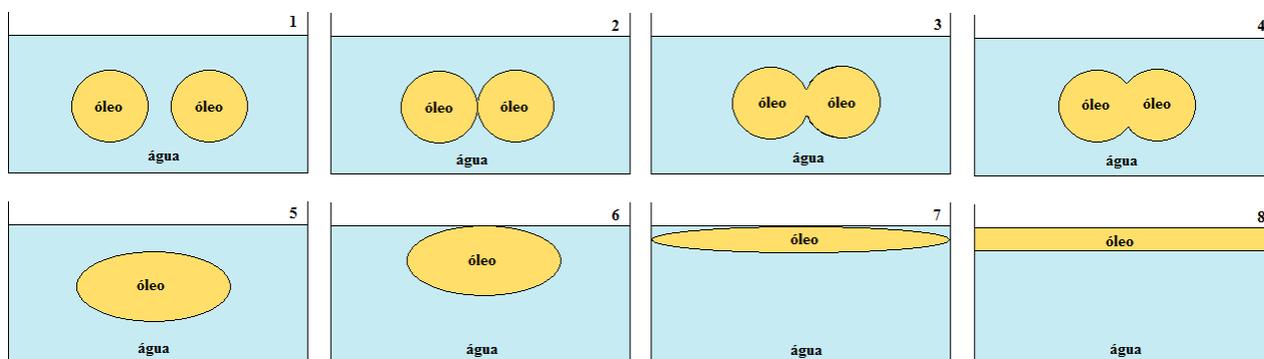


Figura 18 – Representação da sequência de coalescência de duas gotículas de óleo em água seguida da separação em fases distintas.

O deslocamento do tensoativo, que antes estava organizado em micelas para as novas superfícies água-óleo das gotículas geradas pela agitação, provoca a redução do número de micelas e a formação de uma nova camada sobre cada uma das gotículas, como representado na Figura 19.

As gotículas de óleo recobertas de moléculas de tensoativo tem uma aparência muito semelhante às micelas, mas são muito diferentes fisicamente. A esse tipo de estrutura costuma-se chamar de gotícula para que haja uma diferenciação clara em relação à micela, ou seja, na micela não há superfície óleo-água (Farn, 2006).

Como as gotículas de óleo estão inseridas em um sistema em que a água é o meio contínuo recebem o nome de gotículas de óleo em água. O conjunto de gotículas de óleo em água forma uma emulsão óleo em água ou o/a. No caso de micelas inversas, em que gotículas de água são inseridas em um sistema onde o óleo é o meio contínuo, a denominação passa ser água em óleo ou a/o (Maniasso, 2001).

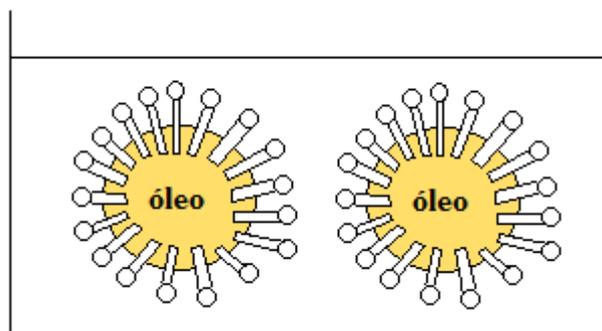


Figura 19 – Representação esquemática das gotículas de óleo em água na presença do tensoativo acima da CMC.

Quando a gotícula tem sua superfície totalmente ocupada por tensoativo, surge uma superfície bem diferente a da superfície inicial sem tensoativo. Caso o tensoativo utilizado seja aniônico, as gotículas de óleo passam a ser carregadas negativamente. Essas moléculas negativas atraem moléculas de água e contraíons de carga positiva da solução aquosa, gerando uma dupla camada elétrica em torno de cada micela. Como gotículas iguais vizinhas vão apresentar carga eletrostática de mesmo sinal nas suas superfícies ocorre o efeito de repulsão entre as gotículas com tensoativos, o que impede a aproximação entre as mesmas, mantendo-as estáveis e separadas, reduzindo a probabilidade de coalescência, como esquematizado na Figura 20 (Farn, 2006).

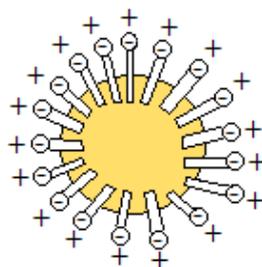


Figura 20 – Representação esquemática da dupla camada elétrica em gotículas de óleo estabilizadas em tensoativo aniônico.

A estabilização das emulsões e dispersões com tensoativos não iônicos ocorrem pelo impedimento estérico de suas moléculas, que apresentam partes polares normalmente muito longas como mostrado na Figura 21 (Farn, 2006). Normalmente a melhor estabilização de uma emulsão se dá pelo uso de dois efeitos de estabilização eletrostático e

estérico conjuntamente, por causa disso é muito comum à utilização de misturas de tensoativos aniônicos e não iônicos em emulsões.

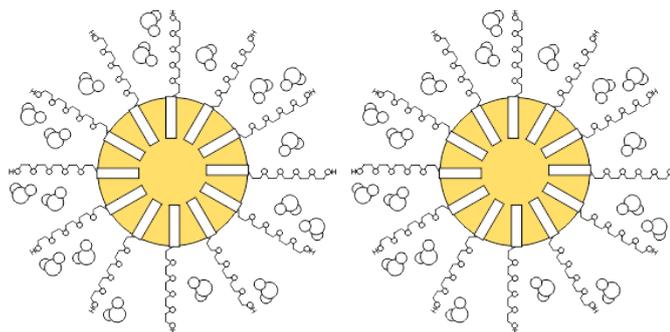


Figura 21 – Representação esquemática da estabilização das gotículas de óleo com tensoativo não iônico por impedimento estérico.

Essa repulsão entre as gotículas, seja ela por efeito eletrostático ou estérico, impede a aproximação entre elas e, conseqüentemente, sua coalescência. Forma-se então uma emulsão que pode ser mais ou menos estável, dependendo dos tipos de tensoativos usados, da forma que a camada está estruturada, da afinidade das partes polar e apolar pela água e pelo óleo, bem como do equilíbrio entre essas partes (Farn, 2006).

Mesmo as emulsões com gotículas de óleo recobertas de tensoativo ainda podem coalescer. Caso o tensoativo utilizado seja aniônico, por exemplo, haverá uma repulsão entre as moléculas de tensoativo vizinhas na mesma superfície óleo-água da gotícula, pois essas moléculas apresentam carga negativa. Essa repulsão impede que essas moléculas vizinhas estejam muito próximas uma das outras, criando espaços vazios entre elas no recobrimento da superfície. Quando duas gotículas de óleo recobertas de tensoativo se aproximam com pouca força, elas se repelem. No entanto se a aproximação ocorrer com mais força (por exemplo, em uma agitação ou bombeamento da emulsão), as moléculas de tensoativo da gotícula podem se deslocar por sua superfície, concentrando-se no lado sem tensões da gotícula, conforme exemplificado na Figura 22, e abrindo um espaço sem proteção que pode permitir a coalescência entre duas gotículas (Myers, 2006).

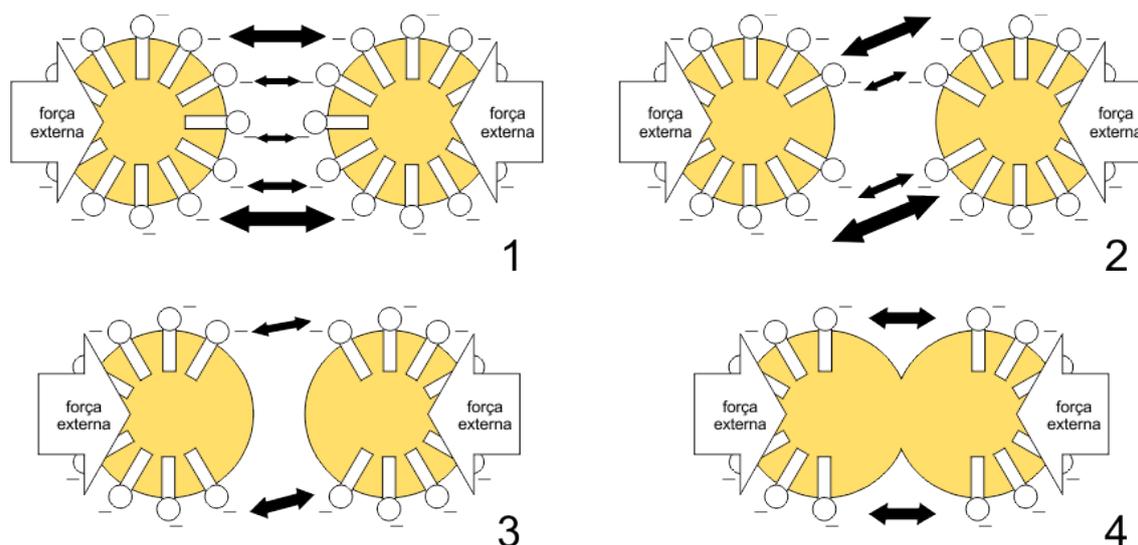


Figura 22 – Representação esquemática da coalescência das gotículas.

Esse efeito ocorre em virtude:

1. Da mobilidade do tensoativo na superfície da gotícula de óleo.

A mobilidade do tensoativo na superfície da gotícula pode ser reduzida utilizando-se tensoativos que apresentem estrutura carbônica ramificada em sua parte apolar. Por causa dessas ramificações, as moléculas de tensoativo tem mais dificuldade de serem arrastadas pela superfície óleo-água, pois estão mais fortemente presas na fase óleo. No entanto, tensoativos com cadeias carbônicas ramificadas normalmente são menos biodegradáveis no meio ambiente (Schramm, 2005).

2. De existirem espaços entre os tensoativos no recobrimento da superfície da gotícula.

Os espaços entre os tensoativos aniônicos que recobrem a superfície da gotícula não podem ser ocupados por mais tensoativos aniônicos, pois esses apresentam repulsão eletrostática com os tensoativos que já estão alojados na superfície. Para a ocupação desses espaços deve-se utilizar tensoativos que não apresentem repulsão eletrostática aos aniônicos. Tensoativos catiônicos não podem ser utilizados, pois provocariam a neutralização das cargas dos tensoativos aniônicos e sua precipitação da solução. A alternativa é o uso de tensoativos não iônicos. Como os tensoativos não iônicos não apresentam cargas verdadeiras, não há impedimento para sua estabilização entre as moléculas de tensoativo

aniônico da superfície da gotícula, como representado na Figura 23. Para as moléculas de tensoativo não iônico, as superfícies óleo-água entre as moléculas de tensoativo aniônico já localizadas na superfície estão livres para sua estabilização (Schramm, 2005).

Portanto, a estabilidade das emulsões pode ser melhorada se forem corrigidas essas duas causas.

A estabilidade da emulsão é aumentada, pois o aumento de densidade de tensoativos na superfície da gotícula reduz os espaços para a migração do tensoativo aniônico, melhorando a qualidade da proteção eletrostática da gotícula. A estabilidade é também melhorada pela presença dos tensoativos não iônicos, que apresentam moléculas grandes, aumentando a espessura da camada protetora, e garantindo também, a estabilidade estérica das gotículas na emulsão

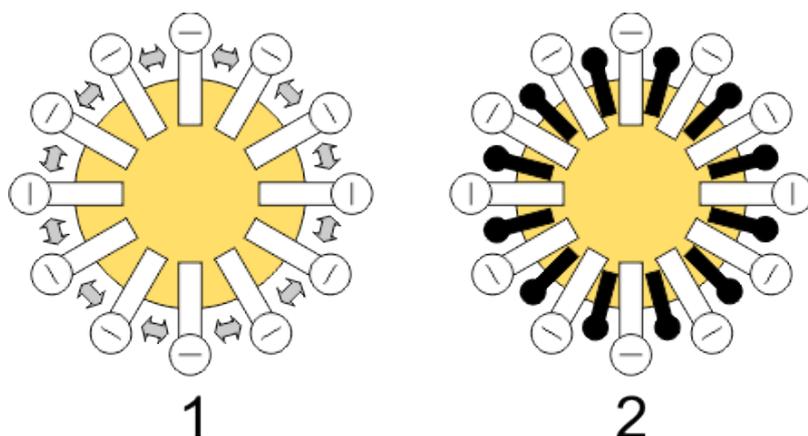


Figura 23 – Representação esquemática da estabilidade por (1)repulsão de cargas e (2)estérica das gotículas na emulsão.

Os tensoativos anfóteros são ainda mais eficientes no efeito de preenchimento desses espaços entre os tensoativos aniônicos das gotículas, pois como apresentam cargas positivas sem neutralizar os tensoativos aniônicos, são fortemente atraídos para a região entre os tensoativos aniônicos da superfície. Essa atração entre os tensoativos aniônicos, permitindo que mais moléculas desse tensoativo saiam da solução aquosa e se estabilizem na superfície da gotícula, proporcionam um recobrimento da superfície óleo-água ainda mais eficiente. Com menos moléculas de tensoativo aniônico permanecem em solução, a irritabilidade dérmica e ocular das formulações de xampus e sabonetes é reduzida, pois são as moléculas livres de tensoativo aniônico que provocam essa irritação (Daltin,

2011). Portanto, para se obter emulsões mais estáveis, normalmente, é preciso recorrer a pelo menos dois tensoativos de classes diferentes.

A estabilização de suspensões de sólidos na forma de pó em líquidos ocorre também de forma semelhante. Quando da agitação de um sólido em pó em uma solução de tensoativo acima de sua CMC, as novas superfícies criadas são superfícies de sólido-líquido que também tem ocupação preferencial das moléculas do tensoativo comparado com as micelas. Isso faz com que o tensoativo abandone a organização em micelas e se dirija para as novas superfícies, formando novas estruturas muito parecidas com as gotículas, com o diferencial de que em seu interior se encontra uma partícula sólida (Schramm, 2005).

2.3.3 Espuma

Espuma é a aglomeração de bolhas de um determinado gás, geralmente ar, sobre uma superfície de um líquido quando este sofre uma agitação física. A espuma pode ser sólida, como é o caso de espumas para confecção de colchões, ou líquida como é o caso da espuma de sabão (Farn, 2006).

A principal causa da formação de espuma é devido a agitação proveniente dos processos de lavagem e de preparação de emulsões. Estes necessitam de agitação na solução ou mistura aquosa para que ocorra a solubilização dos tensoativos utilizados, a redução do tamanho das gotículas de óleo, a retirada da sujeira e a dispersão das micelas por todas as parcelas do líquido, garantindo que os processos de detergência e emulsão sejam eficientes, uma vez que esses dois processos ocorrem sempre em presença de micelas.

A formação de espuma é indesejável em processos industriais ou em lavagens mecânicas, pois reduz o espaço útil desses equipamentos. Já para os produtos de limpeza e xampus, os usuários esperam a formação de espuma abundante e associam essa formação de espuma à limpeza. Em produtos de limpeza, como os detergentes para lavagem de pratos, a espuma apresenta um efeito estético ao consumidor, mas até dificulta a limpeza, pois requer mais enxágues para sua retirada. Em produtos como xampus, a espuma tem a função de impedir que o tensoativo seja rapidamente levado pela água do chuveiro e também ajuda a arrastar

fisicamente as partículas de sujidades sólidas, mantendo-as suspensas até o enxágue (Schramm, 2005).

A estabilização de espuma ocorre por um efeito semelhante ao da estabilização de emulsões pela migração do tensoativo da estrutura das micelas para novas superfícies criadas, as paredes das bolhas de ar. Quando uma solução de tensoativo, que se encontra acima de sua CMC, é agitada, pequenas bolhas de ar podem entrar na solução. Essas bolhas de ar formam novas superfícies água-ar, em um processo muito semelhante ao de formação de uma emulsão, quando se utiliza óleo em água. Na Figura 24 é ilustrado o processo de formação de espuma quando se utiliza um tensoativo aniônico. Quando da agitação, bolhas de ar entram na solução, gerando novas superfícies água-ar. O tensoativo, organizado em micelas na solução, se desloca para essa nova superfície criada, recobrando-a (etapas 1 a 5). A bolha de ar, já recoberta de tensoativo, apresenta densidade muito mais baixa que a da água, dirigindo-se rapidamente para parte superior da solução. A superfície da água com o ar também está recoberta de tensoativo aniônico e, quando a bolha se dirige para cima, essas superfícies carregadas negativamente se repelem. Essa repelência provoca a deformação da superfície, criando um filme líquido, com duas superfícies com o ar, uma para atmosfera e outra para o interior da bolha, como mostrado nas etapas 6 a 8 da Figura 24. A espessura do filme líquido formado sobre a bolha é proporcional à força de repelência entre as duas camadas de tensoativo. Quanto mais carga apresentar a parte polar do tensoativo aniônico utilizado, maior a repelência entre essas duas camadas e mais espesso o filme líquido formado. Filmes líquidos espessos estão ligados ao tempo de vida de uma bolha, portanto já se pode correlacionar que tensoativos de alto valor de carga eletrostática em sua parte polar sejam aqueles que apresentam maior volume de espuma (Daltin, 2011).

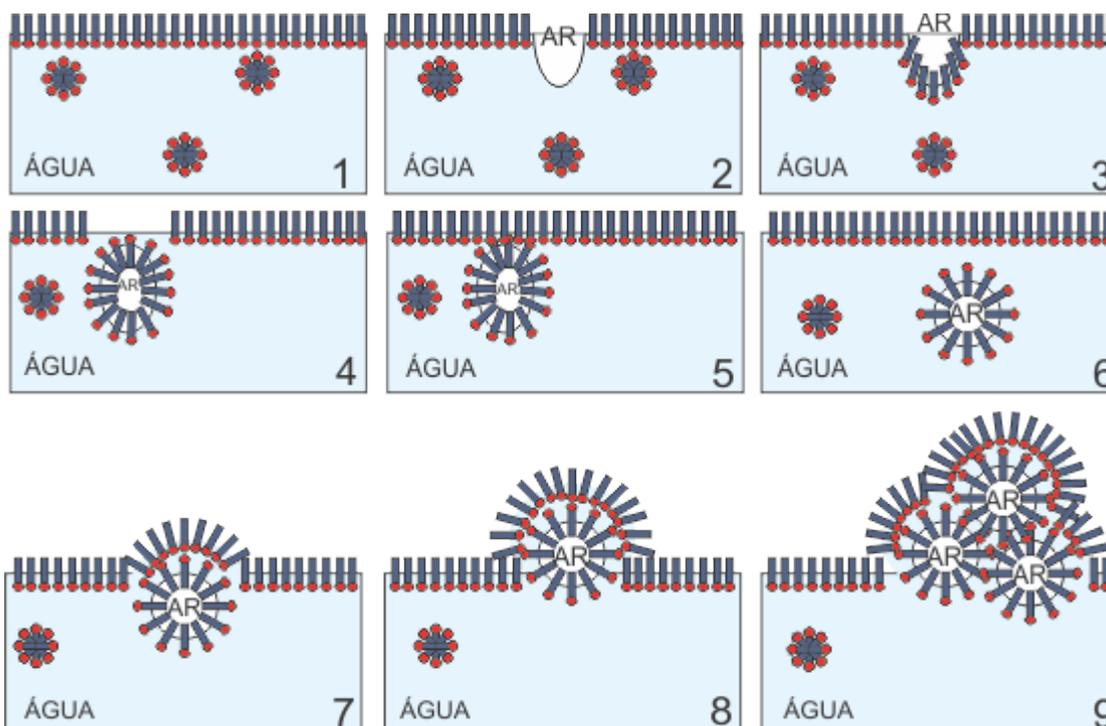


Figura 24 – Representação esquemática da sequência de formação de espuma a partir do aparecimento de bolhas de ar em solução aquosa de tensoativo acima da CMC

Conforme Schramm (2005) a formação de bolhas de ar é contínua em processos submetidos a agitação. Portanto, mais bolhas são formadas e migram para a parte superior do sistema, empurrando as bolhas mais antigas para cima. Essa camada de espuma formada deixa de fazer parte da solução de tensoativo, já que pode ser considerada uma nova fase. A formação de espuma, além de ocupar espaço dentro dos equipamentos de lavagem, reduzindo o espaço útil de solução, ainda extrai tensoativo da solução para essa nova fase. Esse efeito reduz o número de micelas disponíveis na solução. Como os processos de emulsão e de detergentes dependem fortemente da presença maciça de micelas em solução, a formação de espuma reduz a eficiência desses processos, pois retira as micelas da solução. Portanto a presença de espuma reduz a eficiência do sistema tensoativo, contrariamente ao conceito popular.

2.3.3.1 Estabilidade das espumas

A estabilidade de uma espuma depende principalmente da espessura inicial do filme da bolha e da capacidade do tensoativo evitar que a água desse filme escorra rapidamente, fazendo com que o filme tenha sua

espessura muito reduzida. Se a espessura do filme for muito reduzida, ele não será mais capaz de manter o gás dentro da bolha, que estoura. A associação popular de espuma com eficiência de lavagem levou os fabricantes de tensoativos a construir moléculas que estabilizassem melhor a espuma. Os melhores tensoativos para a formação de espuma rica e estável são os aniônicos, em especial os sulfatados, como o lauril sulfato de sódio (Figura 25). Essa molécula apresenta uma carga negativa verdadeira associada à presença de quatro átomos de oxigênio, que é bastante eletronegativo, o que reforça a característica de polaridade negativa dessa parte da molécula. Moléculas com regiões polares como essas, de alta carga negativa, têm a característica de atrair fortemente as moléculas de água em sua vizinhança, gerando uma região de moléculas de água organizadas à sua volta chamada de solvatação (Schramm, 2005).

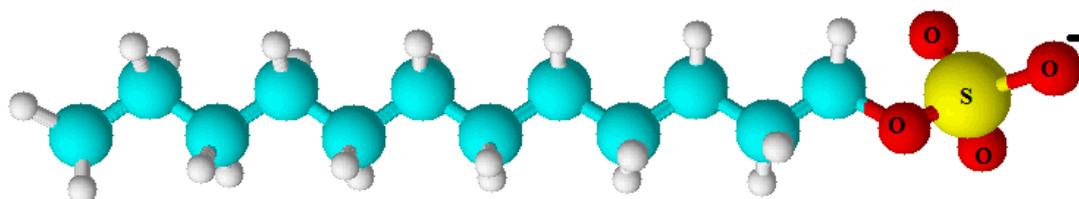


Figura 25 – Representação esquemática da molécula de lauril sulfato em solução

Essa organização das moléculas de água para a formação da camada de solvatação também ocorre quando a molécula de tensoativo sulfatado está na interface água-ar do filme de água em uma bolha de espuma. A Figura 26 mostra como é a conformação de duas dessas moléculas em uma camada de água numa bolha. Nesta figura, são mostradas apenas duas moléculas de tensoativo para exemplificar o raciocínio, mas deve-se lembrar de que todas as superfícies água-ar estão ocupadas por moléculas iguais (Daltin, 2011).

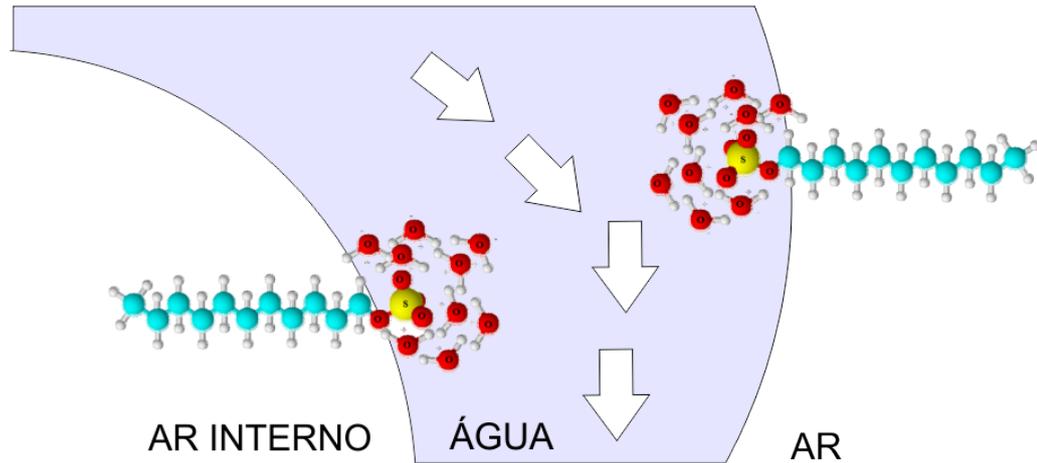


Figura 26 – Representação esquemática do posicionamento das moléculas de lauril sulfato nas superfícies água-ar de uma bolha de espuma.

A parte polar do tensoativo, por atrair moléculas de água, reduz a velocidade de escoamento da água, pois gera um afinamento à sua passagem. O lento escoamento da água, representado pelas setas da Figura 26, reduz a velocidade de diminuição da espessura do filme e aumenta seu tempo de vida. Portanto, esse tipo de molécula, além de atuar como um tensoativo, reduzindo a tensão superficial e protegendo as bolhas da coalescência, também proporciona o aumento de tempo de vida de cada bolha. A redução da tensão superficial também é importante para a formação das bolhas, já que em soluções de tensão superficial reduzida, mais bolhas podem ser formadas com a mesma energia de agitação. A redução da tensão superficial pode ser conseguida por diversos tipos de tensoativos (Daltin, 2011).

O efeito de redução da velocidade de escoamento da água poderia ser intensificado com a utilização de um grupo polar ainda maior, que penetrasse mais profundamente no filme de líquido e fosse, assim, mais eficiente na fixação das moléculas de água. No entanto, os grupos aniônicos são limitados e seria difícil construir grupos ainda maiores que o sulfato de acordo com Myers (2006). Uma forma de resolver esse problema é inserir algumas moléculas de óxido de eteno entre a parte lipofílica e hidrofílica do tensoativo. Um exemplo desse tipo de molécula é o lauril éter sulfato, em que duas moléculas de óxido de eteno foram inseridas antes do grupo sulfato (Figura 27) (Schramm, 2005).

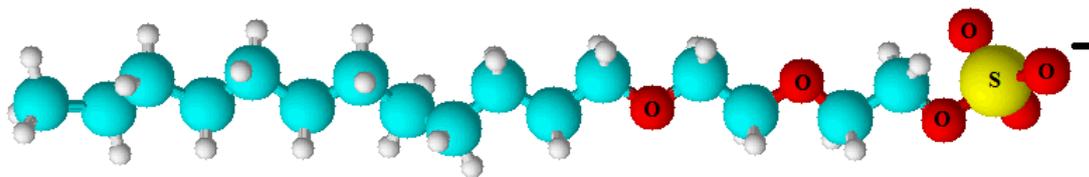


Figura 27 – Representação esquemática da molécula de lauril éter sulfato.

Essa molécula agora adquiriu uma parte hidrofílica maior. A polaridade foi pouco alterada, pois a adição de apenas duas moléculas de óxido de eteno apresenta efeito desprezível perto do efeito polar do grupo sulfato. A vantagem de se adicionar esse “alongamento” polar na molécula é que o grupo fortemente polar agora tem a oportunidade de estar mais profundamente inserido dentro do filme líquido da bolha, ampliando o efeito de retenção das moléculas de água e mantendo a bolha estável por mais tempo. As bolhas assim estabilizadas têm a redução de espessura do seu filme líquido atenuado, já que o escoamento da água, representado pelas setas da Figura 23, é praticamente eliminado. O principal efeito de redução da espessura do filme líquido passa a ser a evaporação da água para o ar. A espuma gerada por esse tipo de tensoativo costuma ter um longo tempo de vida e, quando exposta ao ar por longo tempo, apresenta aparência opaca em virtude da evaporação da água (Schramm, 2005).

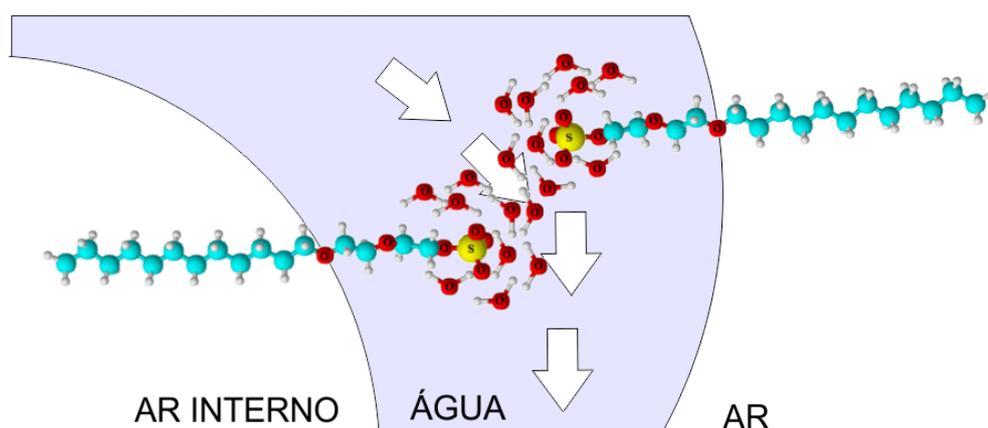


Figura 28 – Representação esquemática do posicionamento das moléculas de lauril éter sulfato nas superfícies água-ar de uma bolha de espuma.

De acordo com Schramm (2005) as formulações com alta formação de espuma são importantes em aplicações específicas, principalmente nas que envolvem lavagem doméstica. No entanto, em processos como na lavagem mecânica de pratos ou processos industriais, a espuma é indesejada. Conhecendo mais profundamente o efeito de estabilização das espumas, a indústria buscou também o efeito contrário, a desestabilização das espumas, para produzir formulações de baixa espuma, principalmente para processos industriais. Formulações de baixa espuma podem normalmente ser obtidas de três formas:

1. Utilização de um antiespumante, como os diversos tipos de emulsões de silicone existentes no mercado. A vantagem desse tipo de produto é poder ser utilizado em quantidades muito pequenas e com baixo custo final. A desvantagem é proporcionar efeitos negativos em alguns casos como nos tingimentos têxteis, pois podem manchar os tecidos.
2. Utilização de desespumantes, ou inibidores de espumas, nas formulações de detergentes. Como esses produtos são pouco solúveis em água, separam-se na superfície e atuam desorganizando a estrutura superficial das moléculas de água nas bolhas de espuma formadas. A desvantagem, nesse caso, é que são necessárias grandes quantidades desses produtos para que esse efeito seja obtido e deve-se balancear a formulação para que estes produtos não sejam emulsionados e percam sua efetividade.
3. Utilização de tensoativos com baixa formação de espuma, Figura 29 em que sua estrutura molecular seja construída de forma a não reter as moléculas de água no filme da bolha. Essas moléculas desestabilizam a espuma pouco depois que a bolha atinge a superfície, pois permitem um escoamento rápido da água, diminuindo o tempo de vida de cada bolha. Esse tipo de tensoativo é menos eficiente que os antiespumantes no controle de espuma, mas são totalmente solúveis ou miscíveis em água, impedindo o manchamento das superfícies. A principal desvantagem desse tipo de tensoativo ainda é seu alto custo.

É a repulsão eletrostática entre as camadas externa e interna das bolhas que mantém a separação entre elas. Como essa separação é preenchida de líquido, é ela que define a espessura do filme inicial. Os antiespumantes e desespumantes evitam que as bolhas se estabilizem quando são formadas. Esse efeito é conseguido porque esses compostos impedem que o tensoativo se posicione na superfície água-ar, pois formam uma camada insolúvel e distribuída sobre o líquido, ocupando o espaço que seria do tensoativo. Quando as bolhas formadas e estabilizadas por tensoativos sobem a superfície do líquido, não encontram a camada de tensoativo contrária, que permitiria a repulsão e a formação do filme líquido sobre cada bolha. Sem a repulsão entre as duas camadas de tensoativo, não ocorre a estabilização do filme líquido, a água escorre rapidamente e a bolha estoura assim que encontra a superfície (Schramm, 2005).

Quanto mais carga apresentar o tensoativo, mais espessa é a camada de líquido da bolha e mais durável é essa bolha. É por isso que os tensoativos aniônicos são aqueles que mais formam espuma, pois são os que apresentam maiores concentrações de cargas em sua parcela polar. Os tensoativos aniônicos e catiônicos, pela própria característica de trazer uma carga verdadeira em sua parte hidrofílica, sempre apresentam maior retenção de moléculas de água que os tensoativos não iônicos. Como essa retenção é um dos fatores de estabilização de espuma, a escolha de um tipo de tensoativo de menor espuma recai sobre os não iônicos. Entretanto, mesmo um tensoativo não iônico apresenta certo grau de atração pelas moléculas de água como mostra a Figura 30 (Farn, 2006).

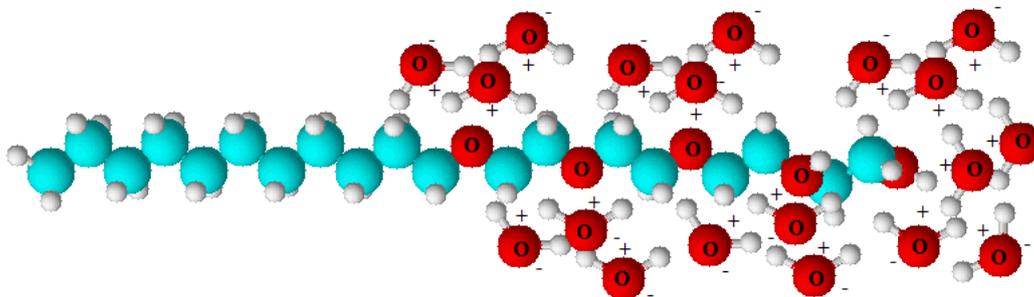


Figura 30 - Representação esquemática da solvatação de uma molécula de álcool laurílico etoxilado com quatro moléculas de óxido de eteno.

Quando esse tipo de molécula se localiza na interface água-ar de um filme líquido da bolha de espuma, há certa retenção do escorrimento das moléculas de água pela solvatação destas, já que a parte etoxilada da molécula é bastante longa e penetra profundamente no líquido. Uma solução viável é substituir parte das moléculas de óxido de eteno por óxido de propeno. A molécula etoxilada e propoxilada adquire a aparência representada na Figura 31 (Farn, 2006).

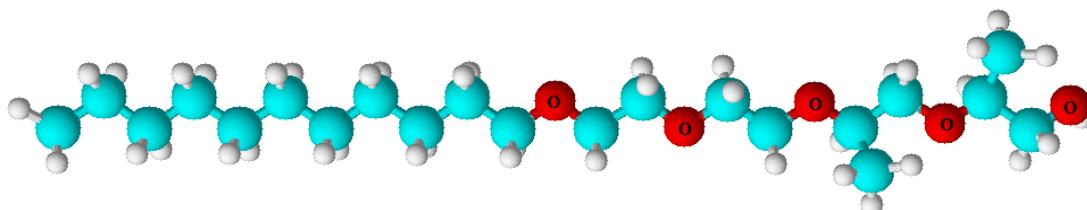


Figura 31 - Representação esquemática de uma molécula de álcool laurílico com duas moléculas de óxido de eteno e duas moléculas de óxido de propeno.

A adição de moléculas de óxido de propeno reduz fortemente a solvatação de moléculas de água, pois, além de haver mais átomos de carbono dispersando a carga dos dois átomos de oxigênio do final da molécula, esses átomos adicionais de carbono estão situados à frente dos átomos de oxigênio, atrapalhando a solvatação das moléculas de água, como mostrado na Figura 32 (Farn, 2006).

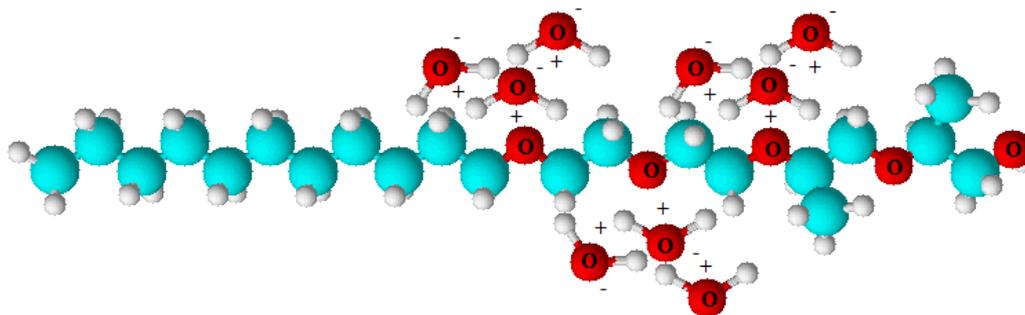


Figura 32 - Representação esquemática da solvatação da molécula de álcool laurílico com duas moléculas de óxido de eteno e duas de óxido de propeno.

A presença das moléculas de óxido de propeno torna a solvatação de água reduzida no final da molécula, permitindo a drenagem da água do

filme líquido pela força da gravidade. Assim o filme líquido perde espessura rapidamente e a bolha tem um tempo de vida muito reduzido.

O óxido de propeno, por ser menos polar que o óxido de eteno, reduz a polaridade da cadeia hidrofílica. Isso faz com que não se possa simplesmente substituir um número de moléculas de óxido de eteno em um tensoativo pelo mesmo número de moléculas de óxido de propeno para reduzir a espuma formada. Outras características físico-químicas também serão alteradas (solubilidade, umectação, detergência, etc.).

3. CONCLUSÃO

Tensoativos são considerados como um dos mais versáteis produtos químicos empregados em processos industriais. Buscou-se abordar os conceitos e terminologias que fazem parte do meio industrial e transportar para o meio acadêmico. Com isso difundir-los, afim de que sejam realizados mais estudos sobre o assunto. O presente trabalho apresenta de maneira dinamica o assunto de tensoativos de uma maneira clara e objetiva.

O meio industrial necessita do apoio e dinamismo da área acadêmica tanto para produzir novas tecnologias quanto para difundir conhecimento. O setor de saneantes emprega um grande número pessoas, dentre elas, mão de obra com baixa instrução técnica, sendo um dos motivos a redução de custos, (pagamento de salários mais baixos). Além disso, acredita-se que dessa maneira fica mais difícil difundir os "segredos industriais adquiridos". Muitas vezes, esse não são novidades para quem possui um certo grau de instrução técnica e poderiam ser otimizados quando o conhecimento é repartido.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PRODUTOS DE LIMPEZA E AFINS (ABIPLA). Disponível em: < <http://www.abipla.org.br/> > Acesso out 2011.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Conceitos técnicos: o que são saneantes?** Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/saneantes/conceito.htm#O_QUE_SÃO_SANEANTES > Acesso out 2011.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Conheça novas classificações para os produtos saneantes.** Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2003/200803.htm> > Acesso out 2011.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Gerência Geral de Saneantes.** Disponível em: < <http://www.docstoc.com/docs/1086024580/PRODUTOS-SANEANTES-VIDAS> > Acesso out 2011.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Utilização de ácidos fluorídrico, nítrico e sulfúrico em saneantes.** Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/divulga/informes/2009/200109.htm> > Acesso out 2011.

BAIRD, C.; **Química ambiental.** 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BONDI, C. A. M. Applying the precautionary principle to consumer household cleaning product development. **Journal of Cleaner Production.** Vol. 19, p. 429-437, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.184, de 22 de outubro de 2001. **Procedimentos referentes ao registro de produtos saneantes domissanitários e outros de natureza e finalidade idênticas.** Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2001/184_01rdc.htm> Acesso out 2011.

CORRÊA, L. M. L. **Saneantes domissanitários e saúde: um estudo sobre a exposição de empregadas domésticas.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

COSMÉTICOS E PERFUMES (2001). A perfumaria funcional: sabão em pó, amaciante e detergente. **Cosméticos e perfumes,** São Paulo, nº11, mar/abr. p.16-33. Disponível em: < <http://www.abipla.org.br/cep/perfunc.htm> > Acesso out 2011.

DALTIN, D. **Tensoativos - Química, propriedade e aplicações.** 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2011.

DESCOTES, J.; Household products. **Human toxicology**. 1ª edição. Amsterdam: Elsevier, 1996.

EICHHORN, P.; RODRIGUES, S. VOL.; BAUMANN, W.; KNEPPER, T. P.; Incomplete degradation of linear alkylbenzene sulfonate surfactants in Brazilian surface waters and pursuit of their polar metabolites in drinking waters. **The Science of the Total Environment**. Vol. 284, p. 123-134, 2002.

FARN, R. J. **Chemistry and technology of surfactants**. 1ª edição. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

MANIASSO N.; Ambientes micelares em química analítica. **Química Nova**. Vol. 24, No. 1, 87-93, 2001.

METROPOLIONLINE. **Vigilância Sanitária alerta sobre produtos de limpeza clandestinos**. Disponível em: < <http://metropolionline.com.br/vidasaudavel/vigilancia-sanitaria-alerta-obre-produtos-de-limpeza-clandestinos/> > Acesso out 2011.

MYERS, D. **Surfactants science and technology**. 3ª edição. New Jersey: Wiley, 2006.

PENTEADO J. C. P.; EL SEOUD O. A.; CARVALHO L. R. F.; Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova**. Vol. 29, No. 5, 1038-1046, 2006.

QUITMEYER, J. A.; The evolution of aqueous cleaner technology. **Metal Finishing**. Vol. 93, No. 9, p. 34-39, 1995.

SCHRAMM L. L.; **Emulsions, Foams and Suspensions**; 1ª edição. Weinheim: Wiley, 2005.

SINITOX - Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológicas. **Casos registrados de intoxicação e/ou envenenamento**. Disponível em: < http://www.fiocruz.br/sinitox_novo/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=379 > Acesso out 2011.

SIRONI, P. B.; **Avaliação microbiológica de produtos saneantes destinados a limpeza**. Porto Alegre: UFRS, 2009.

SHREVE, R. NO.; BRINK, J. A.; **Indústrias de processos químicos**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

STALMANS, M.; SABALIUNAS, D.; BELANGER S.; Understanding the environmental safety of surfactants: A historical perspective. **Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces**. 1ª edição. New York: Elsevier, 2007.

SZEWCZYK G.; WISNIEWSKI K.; Dish and household cleaning. **Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces**. 1ª edição. New York: Elsevier, 2007.

TADROS, F. T. **Applied Surfactants – principles and applications**. 1ª edição. Weinheim: Wiley, 2005.

UNILEVER - Anúncio de Rinso - 1953 Disponível em: < http://www.unilever.com.br/aboutus/unilever_no_brasil/anos50/anos50_lin_krelacionado1.aspx > Acesso out 2011.

YANGXIN Y.; JIN Z.; BAYLY A. E.; Development of surfactants and builders in detergent formulations. **Chinese Journal of Chemical Engineering**. Vol. 16, No. 4, p. 517-527, 2008.