



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
CAMPUS DE CUITÉ**

**EXTRAÇÃO DE METAIS Ni<sup>2+</sup> Cr<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup> UTILIZANDO DIFERENTES  
TENSOATIVOS COMERCIAIS**

**GERLÂNDIA MIGUEL DA SILVA**

CUITÉ – PB

2011

**GERLÂNDIA MIGUEL DA SILVA**

**EXTRAÇÃO DE METAIS Ni<sup>2+</sup> Cr<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup> UTILIZANDO DIFERENTES  
TENSOATIVOS COMERCIAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, como forma de obtenção do Grau de Licenciatura.

Orientador: Prof. Dr. Marciano Henrique de Lucena Neto

CUITÉ – PB

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Msc. Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S586e Silva, Gerlândia Miguel da.

Extração de metais  $\text{Ni}^2$   $\text{Cr}^3$  e  $\text{Fe}^3$  utilizados diferentes tensoativos comerciais. / Gerlândia Miguel da Silva. – Cuité: CES, 2011..

56 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2011.

Orientador: Marciano Henrique de Lucena Neto.

1. Metais - extração. 2. metais - líquido-líquido. 3. Metais tensoativos. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 546.40

GERLÂNDIA MIGUEL DA SILVA

**EXTRAÇÃO DE METAIS UTILIZANDO DIFERENTES TENSOATIVOS  
COMERCIAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Química, para obtenção do grau de licenciatura plena em Química.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marciano Henrique de Lucena Neto (Orientador)  
UFCG/CES/UITÉ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Jacqueline do Carmo Barreto (avaliadora)  
UFCG/CES/UITÉ

---

Prof. Dr. Renato Alexandre Costa de Santana (avaliador)  
UFCG/CES/UITÉ

*Dedico este trabalho a Deus pela vida e sabedoria.  
A minha família por tudo que fazer p  
As minhas amigas e irmãs d  
A todos que me ajudaram a chegar ao final do meu curso ta sonhado.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela oportunidade e pela força nos momentos mais difíceis durante toda a trajetória do curso.

A minha mãe Lindalva Miguel da Silva pelo seu carinho e paciência. Sem ela não teria chegado até aqui.

Ao meu amado e companheiro Fabrício Silva de Lima, pelo seu amor, apoio e compreensão, pelo incentivo e por estar sempre ao meu lado.

À minha irmã Dayane e meus sobrinhos Pedro Jayme, Eduarda e Anny pela atenção nos momentos que precisei e descontração.

Aos meus irmãos Marcos Antonio, Giovane e Geane, que estão distante, mas sempre torceram por mim, obrigado pela força e carinho.

Aos meus amigos, pela força e apoio nos momentos difíceis, em especial Alex, Gerlânea, Maria do Socorro, Josileide e Jackeline amo vocês.

Ao professor Marciano Henrique, pela amizade, orientação e oportunidade de crescimento pessoal e profissional minha eterna gratidão.

Aos professores e mestres pelo incentivo, pelos ensinamentos que me foram transmitidos, pela orientação durante todo o curso.

Aos amigos Lázaro, Jadson e Érick que muito ajudaram nas atividades experimentais meu muito obrigado.

A Fernanda da Coordenação de Química pela sua atenção e amizade.

À UFCG, e especificamente ao CES.

A CAPES pela oportunidade de participar do PIBID, que muito contribuiu para minha formação.

Aos professores do ensino médio Alenilson e Tereza Neumann.

Obrigada a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

*É graça divina começa.  
Graça maior persistir na caminhada certa.  
Mas “graça das graças é não desistir nu”*

*Dom Hélder Câ*

RESUMO

Os tensoativos são importantes no processo de extração devido, principalmente, à capacidade de modificar algumas propriedades reacionais com conseqüente melhoria em sensibilidade e seletividade, as quais estão relacionadas com a formação de ambientes micelares. Por sua vez as micelas, são agregados moleculares, que possui regiões estruturais hidrofílicas e hidrofóbicas, as quais se associam espontaneamente e de forma dinâmica em solução aquosa. O emprego de tensoativos e ambientes micelares pode apresentar algumas vantagens, substituição às metodologias tradicionais (extração líquido-líquido, troca iônica, etc). Em soluções aquosas, os tensoativos, podem ser empregados como extratores, pois em certas condições duas fases distintas aparecem, sendo uma delas a fase aquosa, contendo pequena quantidade de tensoativo e a outra, extremamente concentrada em tensoativo e contendo os componentes extraídos da solução. Essas determinações, em concentrações muito baixas de metais, requerem análises sensíveis. A técnica utilizada neste estudo foi a Absorção Atômica. Para realização deste trabalho foram utilizados tensoativos, como extratantes (sabão de coco saponificado – Urca, sabão Omo e sabão Clara Plus), obtidos comercialmente com o intuito de extrair metais como Cromo, Ferro e Níquel, todos em solução sintética. Para a extração, várias concentrações desses tensoativos foram utilizadas, variando de 0,1 g/L a 0,5 g/L para todos os sabões. Nessa extração os constituintes foram os seguintes: Sistema 01: Tensoativo: OCS, FO: Hexano, FA: Solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ ; Sistema 02: Tensoativo: OMO, FO: Hexano, FA: Solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ ; Sistema 03: Tensoativo: CLARA PLUS, FO: Hexano, FA: Solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ , os sistemas foram montados com cada metal e concentração do tensoativo individualmente. Os resultados de extração apresentados indicam que o sistema I, apresentou os melhor resultados, chegando a percentuais de extração em torno de 100% para o cromo.

Palavras- Chave: Metais, extração líquido-líquido, tensoativos.

ABSTRACT

The surfactants are important in the extraction process, mainly due to the ability to modify some reactive properties with consequent improvement in sensitivity and selectivity, which are related with the formation of micellar environments. In turn the micelles are molecular aggregates, which have structural hydrophilic and hydrophobic regions, which associate spontaneously and dynamically in aqueous solution. The use of surfactants and micellar environments can be advantageous, to replace traditional methods (liquid-liquid extraction, ion exchange, etc.). In aqueous solutions, the surfactants can be employed as pullers, because under certain conditions two phases appear, one of which the aqueous phase containing a small amount of surfactant and the other in highly concentrated surfactant and containing components extracted from the solution. These determinations at very low concentrations of metals, requiring sensitive analytical. The technique used in this study was the Atomic Absorption. For this study, surfactants were used as extractants (saponified coconut soap - Urca, soap, soap and Omo Plus Clara), obtained commercially in order to extract metals such as chromium, iron and nickel, all in synthetic solution. For extraction, various concentrations of surfactants were used, ranging from 0.1 g / L to 0.5 g / L for all soaps. In this extract constituents were as follows: 01 System: Surfactant: OCS, FO: Hexane, FA:  $\text{CrCl}_3$  solution,  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{NiCl}_2$ , System 02: Surfactant: OMO, FO: Hexane, FA:  $\text{CrCl}_3$  solution,  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{NiCl}_2$ ; System 03: Surfactant: CLARA PLUS FO: Hexane, FA:  $\text{CrCl}_3$  solution,  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{NiCl}_2$ , the systems were assembled with each metal concentration of surfactant and individually. The extraction results presented indicate that the system I had the best results, reaching percentages of extraction around 100% for chromium.

Keywords:Metals , liquid-liquid extraction, surfactants

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Molécula do tensoativo	17
Figura 02 -	Orientação dos tensoativos na interface de um sistema	20
Figura 03 -	Processo de micelização do Dodecil Sulfato de Sódio em solução aquosa	22
Figura 04 -	Representação de uma micela de surfactante aniônico segundo o modelo de Stigter	22
Figura 05 -	Micela direta	23
Figura 06 -	Micela inversa	23
Figura 07 -	Diagrama de fase de um tensoativo iônico próximo ao ponto de kraft	24
Figura 08 -	Diagrama de fase de um tensoativo não-iônico em água	25
Figura 09 -	Diagrama do procedimento para extração por ponto de nuvem	30
Figura 10 -	Tensoativo aniônico, Alquilbenzeno sulfonato Linear (LAS)	32
Figura 11 -	Mistura dos constituintes (TA, Metais e FO) antes da extração	38
Figura 12 -	Separação das fases	38
Figura 13 -	Processo de absorção atômica	39
Figura 14 -	Espectrômetro de feixe simples	40
Figura 15 -	Espectrômetro de feixe duplo	41
Figura 16 -	Ajuste de uma reta pelo método dos mínimos quadrados	42
Figura 17 -	Gráfico de pontos a serem considerados em uma curva de calibração	43
Figura 18 -	Alquil benzeno sulfonato de sódio	44
Figura 19 -	Lauril sulfato de sódio	45
Figura 20 -	Solução aquosa de metais	45
Figura 21 -	Solução $\text{Cr}_3\text{Cl}$ , tensoativo e o hexano no agitador magnético para a homogeneização das fases	46
Figura 22 -	Separação das fases após o processo de extração dos metais	46
Figura 23 -	Processo de extração do Ferro, utilizando como tensoativo o OCS	47
Figura 24 -	Gráfico de concentração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema sistema I	48
Figura 25 -	Gráfico de concentração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema sistema II	49
Figura 26	Gráfico de concentração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema III	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Exemplo de algumas substâncias tensoativas	19
TABELA 02 -	Principais grupos de surfactantes de origem natural e sintética	21
TABELA 03 -	Classificação dos tensoativos	27
TABELA 04 -	Condições de pH dos tensoativos anfóteros	33
TABELA 05 -	Concentrações dos tensoativos em g/L	35
TABELA 06 -	Propriedades físicas do hexano	35
TABELA 07 -	Sistema I para extração com o TA – OCS	37
TABELA 08 -	Sistema II para extração com o TA – LSS	37
TABELA 09 -	Sistema III para extração com o TA – ABS	37
TABELA 10 -	Composição média do óleo de coco	44

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVEATURAS

% -	Porcentagem
AAS -	Espectrometria de Absorção Atômica, do inglês Atomic Absorption Spectrometry
As -	Arsênio
Bi -	Bismuto
°C -	Graus Celsius
CE HPLC-AAS -	Cromatógrafo Líquido acoplado a Espectrometria de Absorção Atômica
CG -	Cromatografia gasosa
CL -	Cromatografia líquida
CLOUD POINT -	Ponto de Nuvem
CMC -	Concentração micelar crítica
CrCl <sub>3</sub> -	Cloreto de cromo III
EC -	Eletroforese capilar
EDTA -	Ácido Etilenodiaminotetracético
ET AAS -	Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotermica do inglês Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
FeCl <sub>3</sub> -	Cloreto de ferro III ou cloreto férrico
FA -	Fase Aquosa
FO -	Fase oleosa
g -	Gramas
GFAAS -	Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização em Forno de Grafite, do inglês Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
g/L -	Grama por litro
GC-ICP-MS -	Cromatógrafo à Gás acoplado ao Espectrômetro de Massa com Pl Indutivamente Acoplado
GC-MS/HPLC-MS -	Cromatógrafo à Gás ou Cromatógrafo Líquido acoplado ao Espectrômetro de Massa
N -	Nitrogênio

NiCl <sub>2</sub> -	Cloreto de níquel II
OCS	Óleo de coco saponificado
p. ex.	Por exemplo
pH -	Potencial de hidrogênio
P -	Fósforo
S -	Enxofre
Sb -	Antimônio
Te -	Telúrio

## SUMÁRIO

1. Introdução e Objetivos .....	15
2. Referencial Teórico.....	17
2.1. Tensoativos .....	17
2.1.1. Classificação dos tensoativos.....	18
2.1.2. Comportamento dos tensoativos em solução .....	19
2.1.3. Princípio ativo dos tensoativos.....	20
2.1.4. Micelização .....	21
2.1.4.1. Concentração micelar crítica.....	22
2.1.4.2. Ponto de Krafft e Turbidez.....	24
2.1.4.3. Micelas em meio orgânico.....	25
2.1.4.4. Fatores que influenciam a micelização .....	26
2.1.4.5. Aplicações dos tensoativos .....	26
2.1.4.6. Extração líquido – líquido convencional.....	28
2.1.5. Tipos de extração envolvendo diferentes tensoativos.....	31
3. Metodologia experimental.....	35
3.1. Escolha dos tensoativos .....	35
3.2. Preparações das soluções de TA (Tensoativos).....	35
3.3. Escolha do solvente.....	36
3.4. Preparação das soluções dos metais (NiCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub> , CrCl <sub>3</sub> ) .....	36
3.5. Método de extração .....	36
3.6. Método de quantificação por Absorção Atômica .....	39
3.7. Curva de calibração .....	41
4. Resultados e Discussão .....	44
4.1. Obtenção e caracterização dos tensoativos.....	44
4.2. Fase Óleo.....	45
4.3. Fase aquosa.....	45
4.4. Extração do metal.....	
4.4.1. Extração para o Sistema I – OCS.....	
4.4.2. Extração para o Sistema II – LSS.....	
4.4.3. Extração para o Sistema III - ABS.....	
5. Conclusão .....	51
6. Referências Bibliográficas .....	52



## 1. Introdução

Metais como cromo, ferro e níquel são elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes para os seres humanos e seus armazenamentos se tornam relativamente caros, uma vez que devem ser guardado indefinidamente. Os mesmos não são sintetizados, e possuem características diferentes de outros reagentes, pois não podem ser destruídos pelo homem. Pelo fato dos metais pesados serem bioacumulativos, o organismo não é capaz de eliminá-los. Pode-se definir de forma mais disseminada os metais pesados como aqueles que proporcionam efeitos adversos a saúde humana. Os metais pesados não são encontrados facilmente em estado puro na natureza.

Estes metais surgem nas águas naturais devido ao lançamento de efluentes, provenientes de atividades industriais como: indústrias de mineração, galvanoplastias, indústrias de ferro, lavanderias, indústrias de petróleo entre outras. A indústria de curtimento de couro apresenta uma grande geração de resíduos sólidos e líquidos. Um dos grandes problemas desta atividade industrial está relacionado à alta produção de resíduos de cromo.

Os metais também podem ser originários de esgoto sanitário. Estes efluentes quando lançados nas águas, no solo ou até mesmo no ar, podem ser absorvidos pelos vegetais e/ou animais próximos ao local, com isso há um grande risco de contaminação/intoxicação ao longo da cadeia alimentar.

Estudos de tratamento adequado e de baixo custo se tornam necessários nesse contexto. O uso de tensoativos na extração de metais é uma técnica muito difundida e tem se mostrado uma alternativa eficiente quando se trata de extração de metais a baixo custo.

Os tensoativos naturais ou sintetizados pelo homem encontram uso em quase todos os ramos da produção industrial, como por exemplo: indústrias de alimentos, químicas, têxteis, de corantes, de tintas, de fibras, de processamento mineral, de plásticos, de produtos farmacêuticos e de agroquímicos. Por apresentar características hidrofóbicas (cauda) onde sua região é composta por uma cadeia longa de hidrocarbonetos e hidrofílica (cabeça) onde apresenta uma parte polar, iônica ou não-iônica, os tensoativos tem vasta linha de aplicação: surfactante, solubilizante, umectante, lubrificante, extratantes entre outros.

Os tensoativos podem ser classificados em quatro grupos: catiônicos, aniônicos, anfóteros e não-íonicos. Para o tensoativo anfótero a natureza do pH vai definir a espécie (iônica ou catiônica) que irá prevalecer no meio.

A ação dos tensoativos em processo de extração ocorre através de um sistema contendo tensoativo, a fase orgânica e a fase aquosa. Após certa concentração, as moléculas de surfactante, na solução, passam a se agregar sob a forma de micelas

Este trabalho foi realizado no laboratório de Química Orgânica da UFCG em parceria com Laboratório de Tecnologia de Tensoativos (LTT) da UFRN. Neste trabalho foram utilizados como extratantes três tensoativos obtidos comercialmente: o sabão de Coco de marca Urca, o sabão OMO e o sabão de marca Clara Plus. Para facilitar a realização dos experimentos foram determinados três sistemas, organizados da seguinte forma: Sistema I - Tensoativo: Óleo de coco saponificado (OCS), Fase oleosa (FO): Hexano e Fase aquosa (FA): solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ ; Sistema II - Tensoativo: Sabão em pó Omo (LSS), Fase oleosa (FO): Hexano, Fase aquosa (FA): Solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ ; Sistema III: Tensoativo: Sabão em pó Clara Plus (ABS), Fase oleosa (FO): Hexano, Fase aquosa (FA): Solução de  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{NiCl}_2$ .

Os tensoativos surgem como excelente alternativa na extração de metais. Por apresentar a capacidade de reduzir a tensão interfacial entre líquidos imiscíveis.

Para o desenvolvimento desse trabalho utilizou de tensoativos de baixo custo adquiridos no comércio local para utilizar como extrator na capturar do metal de uma fase aquosa para uma fase orgânica. Para a quantificação do metal utilizou-se da técnica de absorção atômica.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Tensoativos

Os tensoativos, também chamados de surfactantes, são compostos anfifílicos, orgânicos ou organometálicos que formam colóides ou micelas em solução. Estes possuem uma superfície ativa, devido à concentração de determinadas espécies em uma região interfásica: ar-água, óleo-água ou sólido-líquido (MANIASSO, 2001).

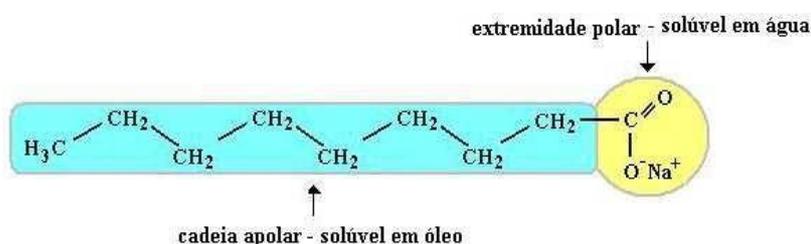


Figura 01- Molécula do tensoativo (CURBELO, 2006)

Substâncias anfifílicas ou anfílicas são moléculas possuidoras de regiões distintas e características como hidrofóbicas e hidrofílicas. A parte hidrofóbica do tensoativo geralmente é composta de cadeias alquílicas ou alquilfenílicas, contendo de 10 a 18 átomos de carbono. A região hidrofílica é constituída por grupos iônicos ou não-iônicos ligados à cadeia carbônica. Como nestas substâncias apenas a polaridade das diferentes regiões varia enormemente, as mesmas são também denominadas de moléculas anfipáticas, heteropolares ou polar-não polares (PRESTON, 1948; ROSEN, 1978).

O grupo hidrofóbico de tensoativos responsável pela solubilidade em óleo é geralmente formado por cadeias hidrocarbônicas lineares ou ramificadas, contendo ou não, grupos aromáticos (HUNTER, 1992; ATWOOD e FLORENCE, 1985).

O grupo hidrofílico, determinante da solubilidade do tensoativo em água, é altamente polar, podendo ser iônico ou não-iônico.

### 2.1.1. Classificação dos tensoativos

Os tensoativos podem ser classificados de acordo com a região polar ou hidrofílica, em: tensoativos iônicos (catiônicos, aniônicos e anfóteros); tensoativos não-iônicos.

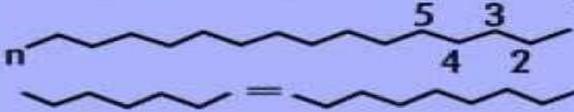
- **Tensoativos Aniônicos** - são os mais numerosos e possuem o grupo polar iônico formado por um ânion. São aqueles que possuem um ou vários grupos ionizáveis em solução aquosa, produzindo íons carregados negativamente na superfície ativa. Os mais difundidos deste grupo são os sabões, aminas, compostos sulfonados e os sulfonatados.
- **Tensoativos Catiônicos**: são aqueles cujo grupo polar é iônico e formado por um cátion. Esses tensoativos possuem, em solução aquosa, um ou vários grupamentos ionizáveis que produzem íons carregados positivamente na superfície ativa. São normalmente utilizados para tratamento de água, formulação de desinfetantes e cosméticos devido sua efetiva ação microbiológica. Como exemplo desses tensoativos os sais quaternários de amônio de cadeia longa.
- **Tensoativos Anfóteros**: possuem grupos funcionais que, dependendo do pH em uma solução aquosa, exibem um grupo polar catiônico ou aniônico. Esses tensoativos possuem em sua estrutura tanto o radical ácido como o básico. Esse composto, quando em solução aquosa exibe características aniônicas ou catiônicas, dependendo das condições de pH da solução. Os exemplos mais importantes deste tipo de tensoativos são as betaínas e os fosfolipídeos.
- **Tensoativos não-iônicos**: muitos numerosos, possuem um grupo polar não ionizado. Os tensoativos não-iônicos são constituídos por substâncias cujas moléculas, em solução aquosa, não se ionizam. A solubilidade destes tensoativos em água deve-se a presença, em suas moléculas, de grupamentos funcionais que possuem forte afinidade pela água. Exemplos comum deste tipo de tensoativos são o nonilfenol etoxilado, os álcoois graxos etoxilados e o propileno glicol etoxilado.

A Tabela 01 ilustra algumas substâncias tensoativas com cadeia simples e cadeias duplas.

TABELA 01 - Exemplo de algumas substâncias tensoativas.

Tensoativos de cadeia simples		
carga	fórmula	nome
aniônico	$C_{12}H_{25}-OSO_3^-Na^+$	Docicilsulfato de sódio (SDS)
aniônico	$C_7F_{15}-COO^-NH_4^+$	Pentadecafluorooctanoato de amônia
catiônico	$C_{12}H_{25}-N^+(CH_3)_3Cl^-$	Cloreto de dodeciltrimetilamônio
catiônico	$C_{16}H_{33}-N^+(CH_3)_3Br^-$	Brometo de hexadeciltrimetilamônio
Não-iônico	$C_{12}H_{25}-(OCH_2CH_2)_5OH$	Dodeciléter de pentaoxietileno

Fosfolipídios de cadeias duplas		
$R_1 = \text{cadeia } C_n \text{ saturada}$  $R_2 = \text{cadeia } C_n \text{ insaturada}$  Cadeia hidrocarbônica	 Grupo caracterizante Cabeça polar	
cabeça polar	Cadeia hidrocarbônica	nome do fosfolipídio
zwitteriônico	$-(CH_2)_2-N^+(CH_3)_3$	diC <sub>14</sub> : dimeristoil
zwitteriônico	$-(CH_2)_2-NH_3^+$	diC <sub>12</sub> : dilauroil
Outros tensoativos de cadeia dupla		
aniônico	$C_4H_9-CH(C_2H_5)CH_2-COO-CH_2$	
	$C_4H_9-CH(C_2H_5)CH_2-COO-CH-SO_3^-Na^+$	Aerosol OT
catiônico	$C_{16}H_{33}-N^+(CH_3)_2Br^-$	Brometo de dihexadecildimetilamônio

onte: Brandão, Mariéte Sueli Baggio (1997)

### 2.1.2. Comportamento dos tensoativos em solução

Em virtude da dupla característica de afinidade presente na molécula do tensoativo, estes tendem a se concentrar na interface de um sistema, quando em baixas concentrações, onde a molécula se orienta com a parte hidrofóbica voltada para o ar ou outra substância de

pouca afinidade com a água e a parte hidrofílica voltada para a fase aquosa. A Figura 02 mostra o comportamento de um tensoativo em solução.

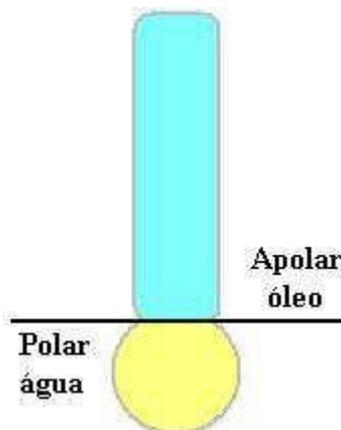


Figura 02 - Orientação dos tensoativos na interface de um sistema (CURBELO 2006).

Esta característica de orientação da molécula é a principal diferença dos tensoativos em relação a outros solutos, tais como, sais orgânicos que tendem a se distribuir por toda solução. Quando em altas concentrações, os tensoativos saturam a interface e, se encontram, também, no seio da solução em forma de monômeros ou monômeros e micelas.

Os surfactantes, quando em solução aquosa, alteram muitas das propriedades físico-químicas da água, tais como sua condutividade elétrica, sua tensão superficial e sua viscosidade. Os métodos para determinação da concentração micelar crítica acompanham as mudanças em uma determinada propriedade físico-química da solução, detectando, portanto, a região onde o processo de micelização ocorre (MINATTI, 1997).

### 2.1.3. Princípio ativo dos tensoativos

Os tensoativos são formados de óleo e gorduras que são substâncias formadas a partir de ácidos carboxílicos com cadeias carbônicas longas, conhecidos por ácidos graxos. Esses ácidos são, em geral, monocarboxílicos e formam os chamados glicerídeos que, por sua vez, pertencem à família dos lipídios simples (p. ex. ésteres de ácido carboxilílico), lipídeos complexos (ésteres de ácidos graxos contendo fósforo, base nitrogenadas, e/ou açúcar) e ácidos bólicos tais como ácido cólico e deoxicólico.

Contudo, para os tensoativos naturais usados com outras preparações bioquímicas, como para o uso de extração, por exemplo, o isolamento do produto homogêneo puro

frente a uma estrutura homóloga e isômera é extremamente difícil, especialmente para grandes quantidades de material. Além disso, a estrutura do lipídeo pode ser alterada durante sua extração e purificação. Já para os tensoativos sintéticos estes problemas são minimizados, pois dependem da estrutura química das ligações como a porção hidrofóbica.

Naturais	Sintéticos
Alquil poliglicosídeos	Alcanolaminas
Biossurfactantes	Alquil e aril éter carboxilatos
Amidas de ácidos graxos	Alquil aril sulfatos
Aminas de ácidos graxos	Alquil aril éter sulfatos
Glucamidas	Alquil etoxilados
Lecitinas	Alquil sulfonatos
Derivados de proteínas	Alquil fenol etoxilados
Saponinas	Aminoóxidos
Sorbitol e ésteres de sorbitan	Betaínas
Ésteres de sacarose	Co-polímeros de óxido de etil/propileno
Sulfatos de álcoois graxos naturais	Ácidos graxos etoxilados

Na TABELA 02 estão descrito alguns tensoativos naturais e sintéticos.

TABELA 02 – Principais grupos de surfactantes de origem natural e sintética

Fonte: Ueda 2006

#### 2.1.4. Micelização

Uma das características comum a todos os surfactantes é a capacidade de formar agregados em solução aquosa a partir de uma determinada concentração. Estes agregados são denominados micelas.

As micelas são agregados moleculares, de tamanho coloidal, em equilíbrio com as moléculas a partir das quais são formadas (DELNUNZLO, 1990).

Do ponto de vista termodinâmico, a micelização, é o resultado de um compromisso entre a tendência da associação (interação hidrófoba) e a resistência (repulsões eletrostáticas e estéticas entre as cabeças polares dos tensoativos). A Figura 03 apresenta monômeros formando micela, a seta indica que o processo é reversível.

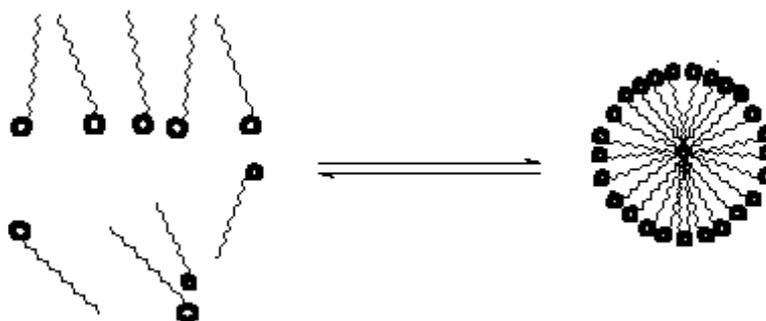


Figura 03 - Processo de micelização do Dodecil Sulfato de Sódio em solução aquosa (MINATTI, 1997).

Sua formação ocorre a partir de uma determinada concentração denominada Concentração Micelar Crítica (CMC).

Diversos são os modelos que tentam ilustrar a forma e comportamento de uma micela. Dentre os mais aceitos, destaca-se o modelo de Stigter (Figura 04). Os monômeros, segundo Stigter, se organizariam em forma esférica, onde todas as porções hidrofóbicas do surfactante estariam voltadas para o centro, formando o núcleo, e os grupamentos hidrofílicos na superfície da esfera, formando a interface com a água.

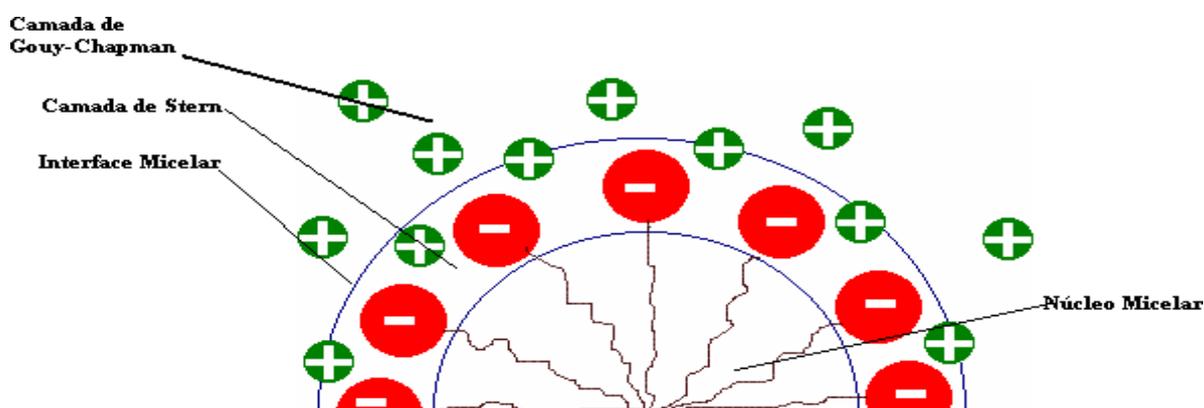


Figura 04 - Representação de uma micela de surfactante aniônico segundo o modelo de Stigter.

#### 2.1.4.1. Concentração micelar crítica

Lucena Neto (2005) cometa que, as moléculas tensoativas atuam como eletrólito típicos na forma de monômeros, orientado-se preferencialmente nas interfaces de forma a

reduzir a tensão interfacial. A água atrai, por forças eletrostáticas, os grupos polares, enquanto a parte hidrofóbica é repelida pela fase aquosa.

À medida que se aumenta a quantidade de tensoativo a ser dissolvido em um dado solvente, sua dissolução tende a um valor limite de concentração que determina a saturação na interface. A partir daí, as moléculas não podem mais se adsorver e inicia-se o processo de formação espontânea de agregados moleculares denominados “micelas” (NEVES, IONESCU *et al.* 1982).

A natureza do solvente em que os surfactantes estão dissolvidos determina a existência de dois tipos de micelas: as micelas diretas e as micelas inversas. As micelas diretas (Figura 05) se formam na presença de soluções polares, onde a parte polar do surfactante fica orientada para o meio polar, enquanto que a cauda apolar agrupa-se no interior da micela evitando contato com o diluente (REIS 2010).

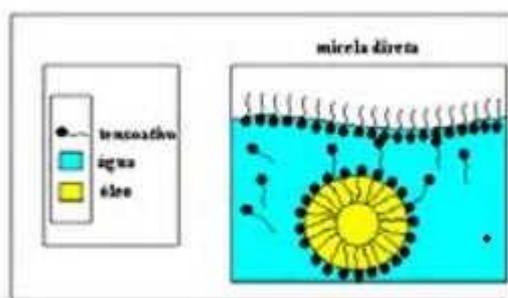


Figura 05 – Micela direta (LUCENA NETO 2005).

Já as micelas reversas (Figura 06) apresentam o comportamento inverso, ou seja, são formados em solventes apolares com as cabeças hidrofílicas voltadas para o centro e cercados pelas caudas hidrofóbicas.

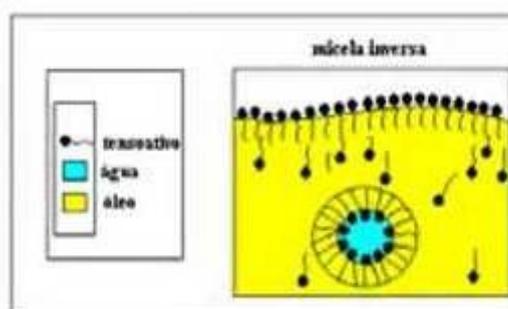


Figura 06 – Micela inversa (LUCENA NETO 2005).

Em concentrações acima da CMC, as micelas possuem um diâmetro entre 3-6 nm o que representa de 30-200 monômeros. A CMC depende da estrutura do tensoativo (tamanho da cadeia do hidrocarboneto) e das condições experimentais (força iônica, contra-íons, temperatura, etc). As micelas são termodinamicamente estáveis e facilmente reprodutíveis, são destruídas pela diluição com água quando a concentração do tensoativo ficar abaixo da CMC.

#### 2.1.4.2. Ponto de Krafft e Turbidez

As propriedades físico-químicas de tensoativos, na sua grande maioria, não variam significativamente, mesmo em baixas concentrações. Abaixo da CMC, as moléculas de tensoativo estão presentes na forma de monômeros dispersos e acima, estão presentes na forma de micelas.

O ponto de Krafft é a temperatura, a partir da qual, os tensoativos iônicos iniciam o processo de micelização, com uma curva de solubilidade apresentando um crescimento exponencial (ROUVIERE E FRAUCOMPRES, 1983; KRAFFT E WIGLOW, 1985). Segundo Shinoda e colaboradores (1963), este seria o ponto de fusão do tensoativo. A Figura 07 mostra a curva de solubilidade.

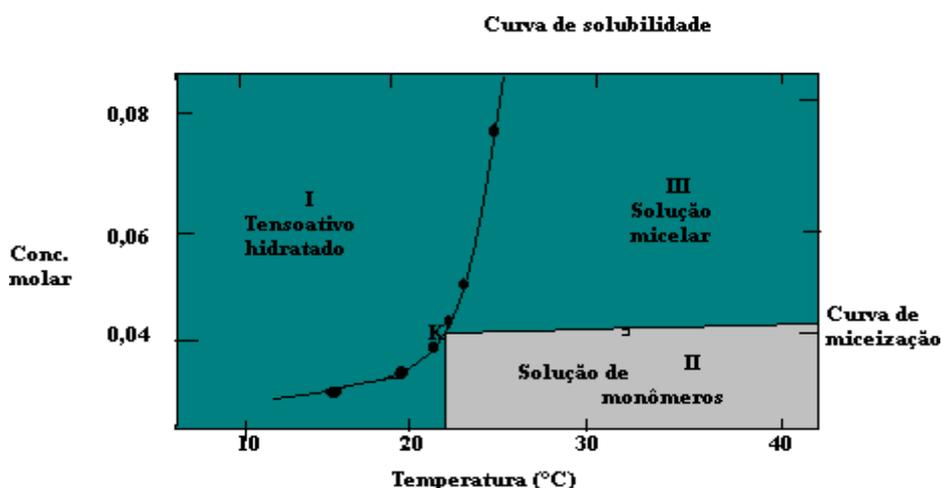


Figura 07 – Diagrama de fase de um tensoativo iônico próximo ao ponto de Krafft.

A análise do diagrama mostra que abaixo da temperatura de Krafft, que é representada pela letra 'k' no centro, e a baixas concentrações de tensoativo, tem-se uma solução de monômeros, e em concentrações mais elevadas, o tensoativo hidratado precipita (zona I). Acima da temperatura de Krafft e a baixas concentrações de tensoativo, tem-se uma solução de monômeros (zona II) e em concentrações mais elevadas, as micelas (zona III).

Os tensoativos não iônicos, por sua vez, não apresentam o fenômeno Krafft; entretanto, são caracterizados pelos pontos de perturbação ou turbidez (Figura 08). Uma vez aquecidas, as soluções destes tensoativos turvam e se separam em duas fases, há uma determinada temperatura e em uma determinada concentração. Para este tipo de tensoativo, a micelização ocorre abaixo do ponto de turvação.

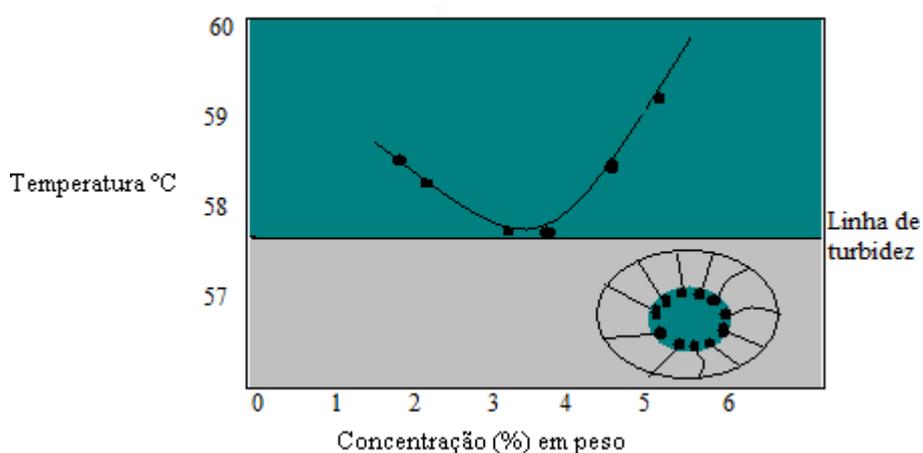


Figura 08 - Diagrama de fase de um tensoativo não-inônico em água.

### 2.1.4.3. Micelas em meio orgânico

Um sistema de micelas inversa, que está representada na Figura 06 é definido como um sistema ternário composto de água, solvente orgânico e surfactante. As micelas reversas são estruturas esféricas que resultam da organização de moléculas de surfactante em um meio apolar, geralmente solvente orgânico, e quantidades extremamente reduzidas

de água. Nestes sistemas, as cadeias apolares do surfactante ficam voltadas para o solvente apolar, enquanto os grupos polares interagem entre si e com moléculas de água, formando “piscinas” aquosas.

A solubilização do surfactante em meio orgânico ocorre devido às características apolares do meio e a inversão de conformação micelar, ou seja, a estrutura micelar mantém-se. Entretanto, neste meio é a porção hidrofóbica que fica exposta e a porção hidrofílica se retrai para o interior da micela. Nesta situação, temos a micela reversa.

Entre os solventes orgânicos utilizados como meio dispersivo na formação de micelas, destacam-se os hidrocarbonetos alifáticos, como o n-octano, isooctano e n-heptano; porém os aromáticos como o benzeno e o xileno e os halogênios como o clorofórmio, também podem ser utilizados (REIS, 2010).

#### **2.1.4.4. Fatores que influenciam a micelização**

Maniasso (2001) comenta que no processo de formação dos agregados micelares ocorre num intervalo pequeno de concentrações, e pode ser detectado pela variação brusca produzida em determinadas propriedades físico-químicas da solução em função da concentração do tensoativo como a tensão superficial, pressão osmótica e condutividade (só para tensoativos iônicos).

#### **2.1.4.5. Aplicações dos tensoativos**

Os tensoativos representam uma classe de compostos de uso amplamente versátil, sendo utilizados em muitos processos tecnológicos, em diferentes funções, tais como: emulsificante, agente de suspensão, dispersão de fases, lubrificante, agente farmacêutico, cosméticos, plástico, inibidores de corrosão, indústria petroquímica, extração de metais, coletores de flotação, dentre outras aplicabilidades (ROSSI *et al.*).

A autoconstrução e auto-organização de moléculas tensoativas são importantes tanto do ponto de vista teórico quanto prático, uma vez que os modos de ação dessas substâncias dependem de seus estados de agregação, em várias situações práticas.

Nelson Maniasso (2001) cita em um de seus artigos a ampla utilização dos tensoativos em óleos para automóveis, na prospecção de petróleo, em fármacos, em produtos domésticos tais como xampus, suavizantes, condicionadores, detergentes, cosméticos, entre outros são indicativos de sua versatilidade.

Os problemas iniciais relacionados ao uso de tensoativos nos mais diferentes produtos eram relativos ao emprego de compostos não biodegradáveis, os quais proporcionavam sérios problemas de contaminação ao meio ambiente. Para solucionar estes inconvenientes, novos tensoativos biodegradáveis denominados "produtos verdes", foram desenvolvidos. De acordo com a área de aplicação os tensoativos podem ser classificados segundo a tabela abaixo.

TABELA 03 - Tipos de aplicações dos tensoativos.

Umectante	Lubrificante	Espalhante
Emoliente	Penetrante	Solubilizante
Emulgador	Desengraxante	Detergente
Sufactante	Antiespumante	Amaciante
Antiestático	Espumante	Dispersante

Os principais fatores que evidenciam a importância do emprego de tensoativos para pré-concentrar e/ou separação em comparação a outras técnicas são os seguintes:

- O tensoativo deve possuir a capacidade natural de extrair somente o analito na fase rica com altos fatores de pré-concentração; o mesmo pode ser extraído em pequenos volumes de fase rica, geralmente 0,2 a 0,4 mL, o que no mínimo indica um fator de pré-concentração idêntico às outras técnicas;
- A separação das fases depende da hidrofobicidade do analito, permitindo o uso de várias estratégias como, por exemplo, da extração líquido-líquido (L-L);
- Os tensoativos empregados não são tóxicos, são de menor periculosidade quando comparados aos solventes orgânicos usualmente empregados em extrações L-L, não são voláteis nem inflamáveis e requerem poucos

miligramas sendo que os preços dos tensoativos comercialmente disponíveis são geralmente baixos;

- O processo de separação das fases é reversível.

#### **2.1.4.6. Extração líquido – líquido convencional**

A extração L-L convencional é uma técnica indireta de separação que envolve duas fases líquidas imiscível ou parcialmente miscível. Ao contrário dos métodos diretos faz-se necessário a introdução de um solvente para que possa ocorrer o transporte de massa do soluto entre os componentes em contato (CRITTENDEN, 1991).

A extração L-L envolve as seguintes etapas:

- Contato inicial entre a fase líquida alimentação contendo o soluto e o solvente;
- Separação da fase diluente da fase do solvente que contem o soluto;
- Tratamento da fase solvente para remover o soluto extraído.

A separação entre o solvente e o soluto pode ser realizada de três formas: por destilação, evaporação ou por um nível de extração por solvente.

Uma boa extração irá depender da distribuição do soluto entre os dois líquido e da cinética de transferência de massa. Pode-se acelerar o processo separação fazendo o uso de equipamentos mecânicos, como centrifugação, agitação ou aumentando a proporção do solvente. Entretanto outros pontos devem ser considerando importantes no processo de separação como a viscosidade, densidade e tensão interfacial.

Para determinar as características de um bom solvente, muitos fatores são fundamentais, tendo em vista que um residual pode permanecer na fase extrato e provocar problemas adicionais em sua qualidade. Portanto deve-se levar em conta a disponibilidade comercial, toxicidade inflamabilidade, impurezas, baixa pressão vapor, preço, ausência de

corrosividade. O solvente deve ser estável e quimicamente inerte com relação aos componentes da mistura a ser separada (MENIAI, 1992; ROBBINS 1988).

A extração L-L vem sendo bastante utilizada em processos de tratamento de efluentes industriais com a finalidade de remover e purificar componentes que possam ser utilizados ou que provoquem problemas ao meio ambiente.

Os tensoativos são freqüentemente empregados para modificar o meio reacional permitindo solubilizar espécies de baixa solubilidade ou promover um novo meio que pode modificar a velocidade reacional, a posição de equilíbrio das reações químicas e em alguns casos a estereoquímica destas dependendo da natureza da reação, do tipo de reativo (eletrofílico, nucleofílico, etc) e do tipo e forma (catiônica, aniônica, etc) da micela.

O uso da técnica de extração por ponto nuvem, é utilizada para análise de metais em águas salinas, é um procedimentos de separação e pré-concentração, que utiliza como reagentes os surfactantes que atuam extraindo os metais e reduzindo as interferências causadas pela matriz salina, para uma posterior análise, através de técnicas analíticas mais sofisticadas.

Na extração do analito de amostras sólidas adiciona-se a solução de surfactante à amostra, deixando a mistura sob agitação branda para contato adequado, de forma que ocorra a dessorção do analito da matriz sólida (FERRERA et al., 2004).

Após a obtenção do ponto nuvem, a mistura (amostra sólida+ solução do surfactante) é submetida à etapa de centrifugação para acelerar a separação das fases. A adição de solução ácida, juntamente com a solução de surfactante na amostra sólida possibilita a formação de três fases após a centrifugação. A fase rica em surfactante ficará no topo, a parte sólida no fundo do tubo, enquanto que a solução ácida contendo o surfactante abaixo da cmc estará entre ambas. Desta forma, obtém-se facilmente a separação da fase rica em surfactante do restante do material (MERINO, RUBIO e BENDITO, 2002).

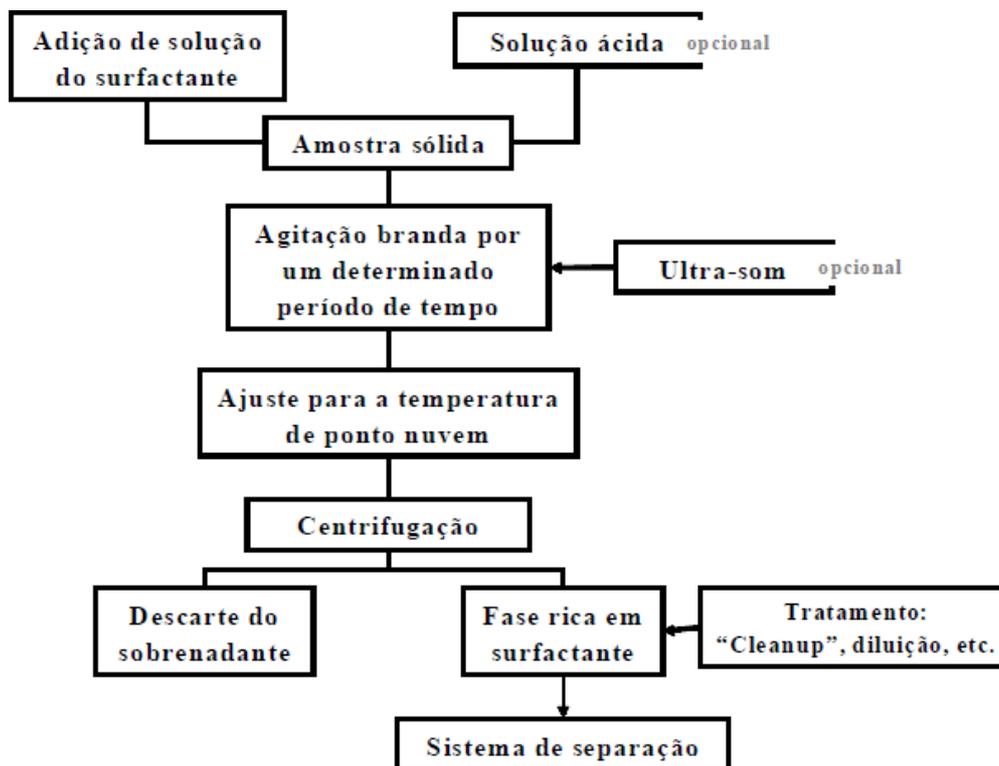


Figura 09 - Diagrama do procedimento para extração por ponto nuvem em amostras sólidas (ANÍZIO M. FARIA et. al)

Com a utilização do procedimento de extração no ponto nuvem, há uma redução das interferências devido a descomplexação da matriz, podendo então, as amostras serem analisadas por espectrometria de absorção atômica.

A técnica de Espectrometria de Absorção Atômica em forno de grafite é uma das técnicas mais amplamente empregadas na determinação de elementos traço. A técnica apresenta boa seletividade e sensibilidade. Além das vantagens da ET AAS, o uso de modificadores químicos permanentes melhora a estabilidade térmica do analito, permite o uso de altas temperaturas de pirólise, e, conseqüentemente melhor eliminação da matriz. Na maior parte dos casos, a modificação permanente também estende a vida útil do tubo de grafite.

Esta técnica também pode ser utilizada para várias espécies de amostras como amostras ambientais, biológicas, águas e suspensões, combustíveis, entre outras (FROES, 2006).

Vale ressaltar que para se fazer medidas por espectrometria de absorção atômica com atomização em forno de grafite é necessário estabelecer um programa de aquecimento apropriado para controlar as etapas de secagem, de pirólise e de atomização. Este programa otimizado permite evaporar o solvente bem como eliminar os constituintes da matriz, antes da atomização do analito, a fim de se reduzirem eventuais interferências (SNEDDON, 1998).

### **2.1.5. Tipos de extração envolvendo diferentes tensoativos**

- **Tensoativos aniônicos**

Estes tensoativos, quando estão dissociados em água, originam íons carregados negativamente na superfície ativa.

Dentre os tensoativos aniônicos mais frequentemente utilizados, estão aqueles que possuem sais de ácidos carboxílicos (graxos) monopróticos ou polipróticos com metais alcalinos ou alcalinos terrosos, ácidos como sulfúrico, sulfônico e fosfórico contendo um substituinte de hidrocarboneto saturado ou insaturado.

O tensoativo aniônico é utilizado para extração/pré-concentração de metais com o emprego da técnica de “cloud point” (separação de duas fases isotrópicas).

Segundo Maniasso (2001), os primeiros a desenvolver a extração por “cloud point” foram Watanabe e Tanaka usando a indução da temperatura na separação de fases para concentrar complexos metálicos pouco solúveis em água. Estes eram solubilizados pelas micelas e concentrados com rapidez e eficiência, devido ao fato de o volume final da fase rica em tensoativo ser muito pequeno. Portanto, o uso da indução da separação de fases por temperatura melhora a sensibilidade dos métodos analíticos convencionais principalmente para íons metálicos.

Hoshino e colaboradores (1983) comentaram que as determinações de complexos metálicos em solução aquosa baseadas no emprego de reagentes orgânicos apresentam

problemas indesejáveis de precipitação, que podem ser evitados pela sua solubilização nos ambientes organizados e posterior extração por separação das fases. A separação de fases deve promover um elevado fator de concentração, propiciando melhor sensibilidade e possibilitando ainda uma melhoria em seletividade.

A Figura 10 representa um surfactante muito utilizado na indústria.

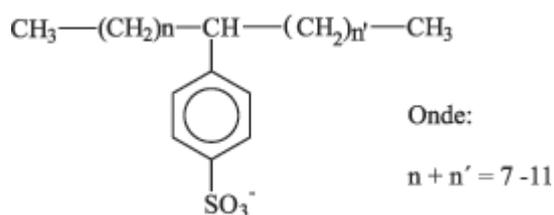


Figura 10 - Tensoativo aniônico, Alquilbenzeno Sulfonato Linear (LAS)

- **Tensoativos catiônicos**

Um tensoativo catiônico possui em geral a fórmula  $R_nX^+Y^-$ , onde R representa uma ou mais cadeias hidrofóbicas, X é um elemento capaz de formar uma estrutura catiônica e Y é um contra íon. Em princípio, X pode ser N, P, S, As, Te, Sb, Bi e os halogênios (MANIASSO, 2001).

- **Tensoativos anfóteros e não iônicos**

Os tensoativos não iônicos e anfóteros com concentrações acima da CMC podem ser empregados como extratores em soluções aquosas, pois nestas soluções quando aquecidas duas fases distintas aparecem, sendo uma delas a fase aquosa, contendo pequena quantidade de tensoativo, abaixo da cmc e a outra, extremamente concentrada em tensoativo e contendo os componentes extraídos da solução.

Quando vários tensoativos não iônicos e anfóteros em solução aquosa são aquecidos acima de uma determinada temperatura, a solução começa subitamente a ficar turva, devido ao decréscimo de solubilidade do tensoativo em água, e as fases se separam.

Os tensoativos não-iônicos são derivados do polioxietileno e polioxipropileno (de compostos com alquil fenol e álcool, ésteres de ácidos graxos, alquilaminas, amidas e mercaptanas) ou polialcoóis, ésteres de carboidratos, amidas de álcoois graxos e óxidos de amidas graxas.

Para os anfóteros dependendo do pH da solução e da estrutura, pode prevalecer a espécie aniônica, não-iônica catiônica. Os tensoativos anfóteros mais comuns incluem N-alquil e C-alquil betaina e sultaina como também álcool amino fosfatidil e ácidos. A tabela a seguir mostra as condições de pH dos tensoativos anfóteros e o grupo que prevalece dependendo do pH da solução

TABELA 04 – Condições de pH dos tensoativos anfóteros

pH	Espécie atuante
pH < 4	Atuam como tensoativos catiônicos
4 < pH < 9	Atuam como tensoativos não- iônicos
9 < pH < 10	Atuam como tensoativos aniônicos

Devido a grande área de aplicação, as moléculas tensoativas tem sido objeto de estudo nessas ultimas décadas. Sua capacidade de solubilizar líquidos imiscíveis é o que caracteriza essa molécula, pela sua capacidade de reduzir a tensão interfacial ou pela grande área interfacial gerada entre a fase continua e a fase dispersa, acelerando reações químicas e a transferência de massa.

De acordo com Watari (1997), a extração de íons metálicos em fase aquosa através da fase orgânica de microemulsão A/O é muito eficiente devido aos altos percentuais de extração alcançados e a aceleração do processo.

Leite (1995) estudou o processo de remoção de cromo (III) de efluentes de curtumes por microemulsões. O processo abrangeu a extração e reextração da fase orgânica (extratora), obtendo-se índices de 99% de extração de cromo.

Barros Neto (1996) realizou a extração de cobre por microemulsão utilizando diferentes tensoativos. Foram obtidos percentuais de extração superiores a 99%, e após a

reextração, o metal foi concentrado em uma fase aquosa com concentração até 10 vezes superior à inicial.

Lucena Neto (2005) Avaliou a extração do Gálio e alumínio utilizando tensoativos em sistemas microemulsionados. Os resultados mostram que os metais foram extraídos e separados com rendimentos de extração de 100%.

### 3. Metodologia experimental

#### 3.1. Escolha dos tensoativos

Foram escolhidos os surfactante aniônico que são o sabão de coco em pó – Urca (OCS), - *Cocos nucifera*, sabão em pó de marca Omo e o sabão em pó Clara Plus. A escolha desses extrantes foi devido os mesmos apresentarem cargas opostas aos metais, já que a interação eletrostática entre estes componentes é um fator fundamental neste processo. Outro fator importante é abundancia em nossa região e disponibilidade no mercado.

#### 3.2. Preparações das soluções de TA (Tensoativos)

Para preparar a solução dos tensoativos foram realizados vários sistemas de estudo. Pesou – se na balança analítica 0,1g do tensoativo em um becker. Adicionou-se 20 ml de água destilada para diluição. Este foi transferido para um balão volumétrico de 100 ml onde adicionou-se água destilada até o menisco.

Para cada amostra de TA foi utilizado o mesmo procedimento suas concentrações encontram-se na Tabela 05.

TABELA 05 - Concentrações dos tensoativos em g/L

Conc. do TA - OCS	Conc. TA - LSS	Conc. TA - ABS
0,01	0,01	0,01
0,02	0,02	0,02
0,03	0,03	0,03
0,04	0,04	0,04
0,05	0,05	0,05

### 3.3. Escolha do solvente

O solvente orgânico utilizado neste estudo foi o hexano por ser um solvente largamente utilizado na extração L-L convencional (apolar) e principalmente de baixo custo. A Tabela 06 apresenta as principais propriedades físicas do hexano.

TABELA 06 - Propriedades físicas do hexano

Composto	Formula Química	Peso molecular/Aparência e Solubilidade (g/ml <sup>-1</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) 20-25°C	Ponto de fusão °C	Ponto de ebulição
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,18/incolor/etano e clorofórmio	0,66 a 20 °C	----	69°

Fonte: Mendes UEFS 2009

### 3.4. Preparação das soluções dos metais (NiCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, CrCl<sub>3</sub>)

As soluções dos metais, cloreto de níquel (II), de ferro (III), de e cromo (III), foram preparadas com água destilada, em um balão volumétrico com concentração de 0,1 g/L.

### 3.5. Método de extração

O método de extração utilizado neste estudo consiste na mistura de tensoativo (OCS, LSS e ABS), fase óleo (hexano) e fase aquosa (soluções contendo os metais – solução de NiCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> e CrCl<sub>3</sub>), em proporções previamente definidas.

Nesse estudo a eficiência da extração foi avaliada pela variação da concentração dos tensoativos utilizados, na fase aquosa após o processo de separação das fases.

Para facilitar o estudo dividimos o processo de extração em três sistemas (I, II e III), descritos nas tabelas 07, 08 e 09.

TABELA 07 - Sistema I para extração com o TA - OCS

Conc. TA	TA mL	NiCl <sub>2</sub> – mL	FeCl <sub>3</sub> mL	CrCl <sub>3</sub>	Hexano mL
0,01	15	15	15	15	30
0,02	15	15	15	15	30
0,03	15	15	15	15	30
0,04	15	15	15	15	30
0,05	15	15	15	15	30

TABELA 08 – Sistema II para extração com TA - LSS

Conc. TA	TA mL	NiCl <sub>2</sub> – mL	FeCl <sub>3</sub> mL	CrCl <sub>3</sub>	Hexano mL
0,01	15	15	15	15	30
0,02	15	15	15	15	30
0,03	15	15	15	15	30
0,04	15	15	15	15	30
0,05	15	15	15	15	30

TABELA 09 – Sistema III para a extração com o TA - ABS

Conc. TA	TA mL	NiCl <sub>2</sub> – mL	FeCl <sub>3</sub> mL	CrCl <sub>3</sub>	Hexano mL
0,01	15	15	15	15	30
0,02	15	15	15	15	30
0,03	15	15	15	15	30
0,04	15	15	15	15	30
0,05	15	15	15	15	30

O método consiste na adição de tensoativos (TA), solução de metais (Cromo, Níquel e Ferro) e Hexano (fase Orgânica - FO). As quantidades adicionadas para cada sistema encontram-se descritas nas tabelas 07, 08 e 09. As figuras 11 e 12 mostram de forma genérica o procedimento de extração.

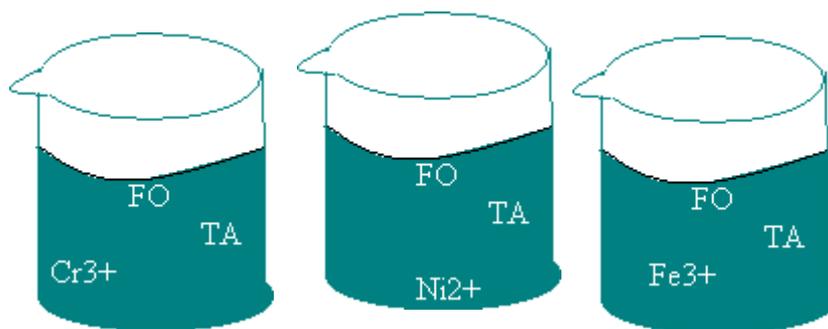


Figura 11 – Mistura dos constituintes (TA, Metais e FO) antes da extração.

Após a mistura, as soluções foram colocadas em um agitador magnético por 30 minutos, tempo necessário para que ocorra a extração (figura 11). As amostras foram colocadas em repouso um funil de separação até a separação completa das fases. Os metais foram determinados da fase aquosa por um Espectrômetro de Absorção Atômica, com uma lâmpada na faixa de trabalho entre 175 e 900 nm com ajuste de fenda variando entre 0.2 e 2 nm de marca SensAA. Para cada metal em estudo foi feita uma curva de calibração.

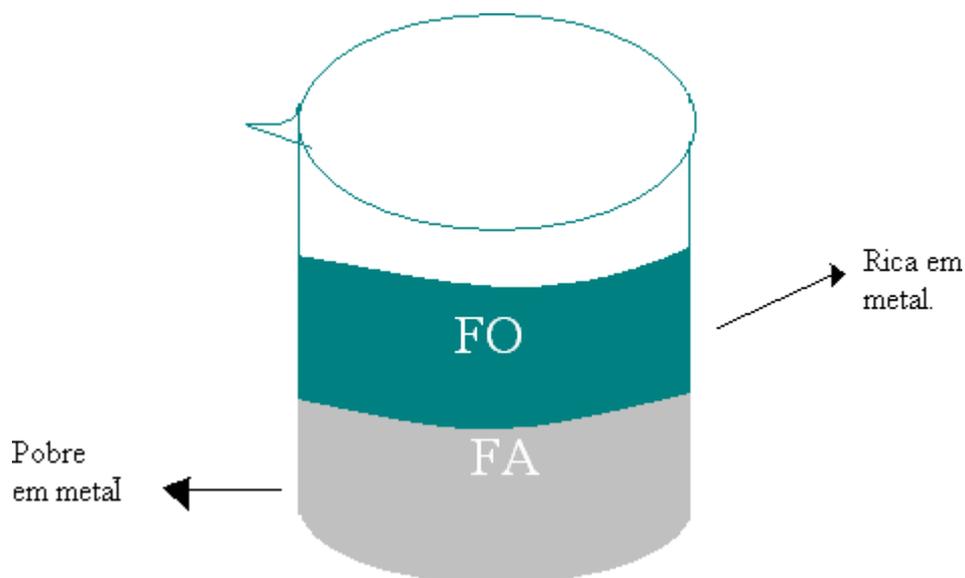


Figura 12 – Separação das fases.

### 3.6. Método de quantificação por Absorção Atômica

As técnicas empregadas para quantificação de metais em baixas concentração normalmente são técnicas espectroanalítica. Entre essas técnicas as principais utilizadas são: Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS), Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica em Forno de Grafite (GF AAS), Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES) e Espectrometria de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente (ICO-MS) (JESUS, 2008).

Na radiação de comprimento de onda os átomos do elemento absorvem alguma parte desta radiação. A quantidade de radiação absorvida por estes átomos é medida e usada para determinar a concentração do elemento na amostra em estudo (BOSS & FREDEEN, 1989; CSUROS & CSUROS, 2000).

O processo de absorção atômica pode ser representado pela Figura 13.

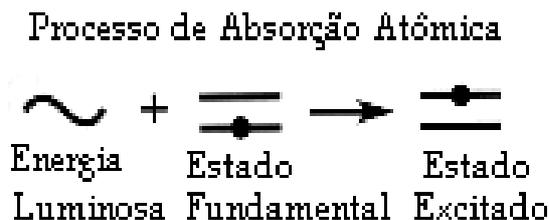


Figura 13 – Processo de absorção atômica

Átomos no “estado fundamental” são capazes de absorver energia luminosa de um comprimento de onda específico, alcançando um “estado excitado”. Aumentando-se o número de átomos presentes no caminho ótico pode-se aumentar a quantidade de radiação absorvida.

Medindo-se a variação da quantidade de luz transmitida, pode-se realizar uma determinação quantitativa do analito presente. Na técnica de absorção atômica, fontes especiais de luz conjugadas com sistemas eficientes de seleção de comprimentos de onda permitem a determinação específica de elementos.

Na absorção atômica, a única função da chama é converter o aerossol da amostra em vapor, que pode então absorver a luz proveniente de uma fonte primária. A quantidade de radiação absorvida está relacionada com a concentração do elemento de interesse na solução.

Os instrumentos empregados na técnica de Absorção Atômica possuem cinco componentes básicos :

- A fonte de luz, que emite o espectro do elemento de interesse;
- A “célula de absorção”, na qual os átomos da amostra são produzidos;
- O monocromador, para a dispersão da luz e seleção do comprimento de onda a ser utilizado;
- O detector, que mede a intensidade de luz, transforma este sinal luminoso em um sinal elétrico e o amplifica;
- Um *display* (ou *registrador*) que registra e mostra a leitura depois do sinal ser processado.

Existem dois tipos básicos de instrumentos para Absorção Atômica: o de feixe simples e o de feixe duplo.

### 1) Espectrômetro de Feixe Simples

Um diagrama esquemático de um instrumento está mostrada na Figura 14.

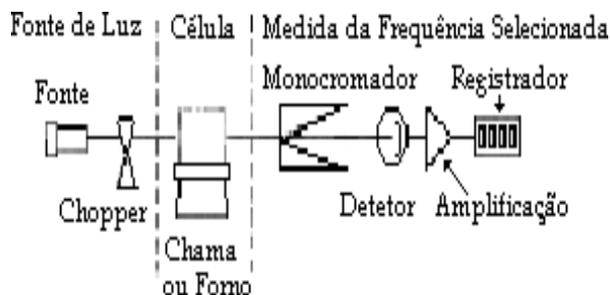


Figura 14 – Espectrômetro de feixe simples

A fonte de luz (lâmpada de cátodo oco ou lâmpada de descarga sem eletrodos) emite o espectro específico do elemento da qual é feita, que é focalizado através da célula e do monocromador. A fonte de luz deve ser modulada (eletronicamente ou mecanicamente) para diferenciar a luz proveniente da própria fonte daquela proveniente da emissão da chama. O monocromador separa a luz em seus diferentes comprimentos de onda, isolando um comprimento de onda específico para alcançar o detector que, na maioria das vezes, é uma fotomultiplicadora. Esse comprimento de onda produz no detector uma corrente elétrica que é proporcional à intensidade de luz.

### 2) Espectrômetro de Feixe Duplo

Um esquema de um espectrômetro de feixe duplo pode ser visto na Figura 15.

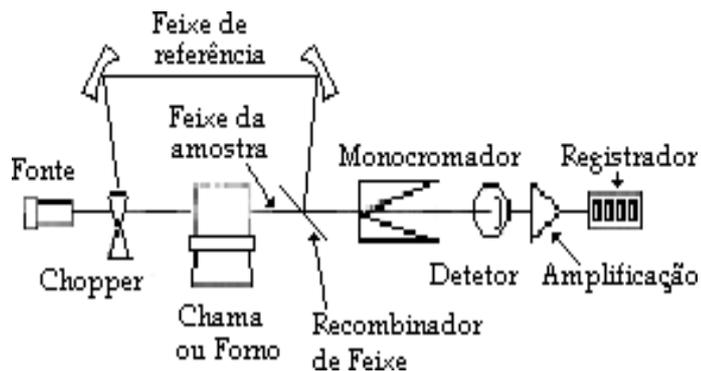


Figura 15 – Espectrômetro de feixe duplo

Neste tipo de instrumento a luz proveniente da fonte é dividida em dois feixes : (i) o feixe da amostra, que é focalizado na "célula" da amostra e (ii) o feixe de referência que passa ao redor da "célula" contendo a amostra. Neste sistema, o sinal analítico representa a razão entre as intensidades de luz do feixe da amostra e do feixe de referência. Desta forma, flutuações na intensidade de luz da fonte não são percebidas, uma vez que ambos os feixes sofrem as mesmas flutuações, que são canceladas no cálculo da transmitância. Este recurso torna o sinal muito mais estável.

### 3.7. Curva de calibração

A calibração é um processo que compara valores de dois ou mais sistemas de medição. O primeiro é o sistema de referência, ou laboratório, e o segundo o sistema de medição que está sendo calibrado. No procedimento de medição química a comparação pode ser feita usando medições obtidas do mesmo Material de Referência Certificado, MRC. Considera-se cada quantidade do MRC utilizada é a mesma, pelo menos no que diz respeito às propriedades do analito, embora se saiba que existem incertezas até mesmo para

duas quantidades de um mesmo material. No procedimento de medição química, valores de  $y$  são utilizados para prever os valores de  $x$ , sendo assim regressão inversa.

Os pressupostos na obtenção da curva de calibração são: linearidade do modelo; erro somente em  $y$ ; erros aleatórios e com variância homogênea; e erros com distribuição probabilística normal.

A função de calibração é definida como a relação funcional do procedimento de medições químicas que se refere ao valor esperado do sinal observado,  $y$ , ou variável

resposta,  $E(y)$ , dada uma certa quantidade de analito  $x$ . O gráfico correspondente é denominado de curva de calibração (ou curva analítica), para dados multivariados, superfície de calibração.

Curva de calibração é um gráfico que mostra a resposta de um método analítico em função de quantidades conhecidas do analito (HARRIS, 2005).

O método dos mínimos quadrados é a técnica mais amplamente utilizada para encontrar uma reta ( ou uma curva) que passa através de um conjunto de pontos (HARRIS, 2005).

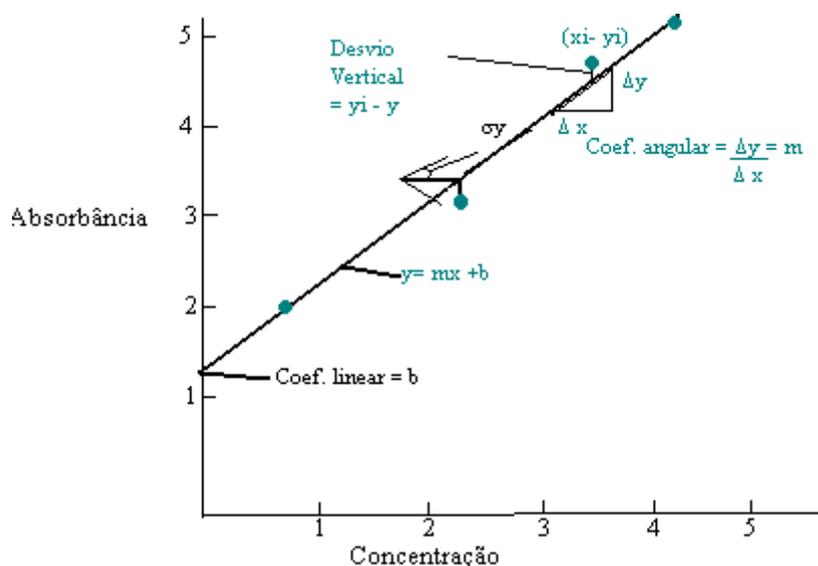


Figura 16 - Ajuste de uma reta pelo método dos mínimos quadrados.

O procedimento pressupõe que os erros nos valores de  $y$  são muito maiores que os erros nos valores de  $x^2$ . Essa condição usualmente é verdadeira em uma curva de calibração na qual a resposta medida experimentalmente (valores de  $y$ ) tem erros maiores que a quantidade de analito presente no experimento (valores de  $x$ ). Uma segunda suposição é que as incertezas (desvio-padrão) em todos os valores de  $y$  são semelhantes.

Pode-se ainda traçar uma reta através dos pontos da Figura 16 para se encontrar a melhor reta, ou seja, aquela que possa mostrar a resposta analítica mais correta,

minimizando os desvios verticais entre os pontos e a reta. Devem ser minimizados apenas os desvios verticais, pois é considerado que as incertezas nos valores de  $y$  são muito maiores do que as incertezas nos valores de  $x$ .

A equação da reta pode ser escrita:  $y = mx + b$  Equação (1)

Em que  $m$  é o coeficiente angular e  $b$  é o valor de  $y$  na interseção da reta com o eixo  $y$ , valor este também chamado de coeficiente linear.

Coeficiente angular ( $m$ ):  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

Interseção com o eixo  $y$  ( $b$ ) = ponto em que a reta cruza o eixo  $y$

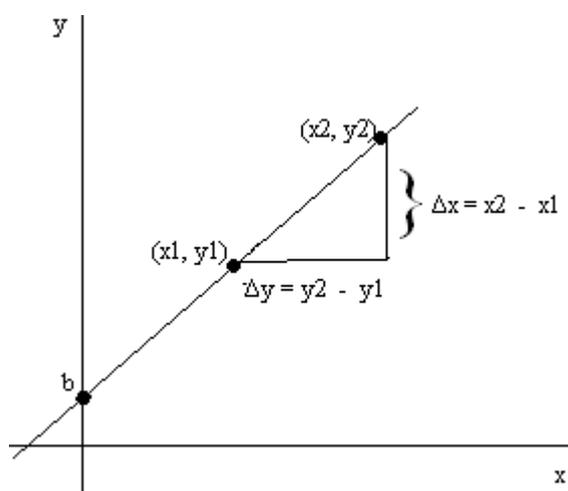


Figura 17 - Gráfico de pontos a ser considerados em uma curva de calibração

#### 4. Resultados e Discussão

##### 4.1. Obtenção e caracterização dos tensoativos

O tensoativo é o componente mais importante do sistema de extração. Ele é responsável pela neutralização da carga do metal a ser extraído e determina o tipo de

complexo-metal a ser formado. Portanto, o tensoativo utilizado será fundamental na eficiência e qualidade da extração.

O tensoativos utilizados neste estudo foi o sabão de coco em pó – Urca (OCS), Sabão em pó Omo multiação (LSS) e Sabão em pó Clara Plus (ABS). A seguir estão descritos os componentes dos tensoativos citados.

**Óleo de coco saponificado (OCS):** Sua composição é Composição: óleo de coco de babaçu, coadjuvantes, alcalinizante, sulfatodesódio, solvente, oxidante, sequestrante, branqueador óptico, fragrâncias e água. Princípio ativo: ácidos graxos de óleo de coco. A Tabela 10 mostra a composição dos ácidos graxos em maior porcentagem no óleo de coco.

TABELA 10 – Composição médio do óleo de coco

Ácido graxo	Nº Carbonos	Teor do óleo de coco (%)
Láurico	12	45,6
Mirístico	14	18
Palmítico	16	10,5
Estearico	18	2,3

Fonte : Lucena Neto, 2005.

**Sabão em pó Omo multiação (LSS):** Composição TA aniônicos, tamponantes coadjuvante, corantes, enzimas, branqueador óptico, fragância, água. Contém Alquil benzeno sulfonato de sódio (Figura 19) e Lauril sulfato de sódio (Figura 18).

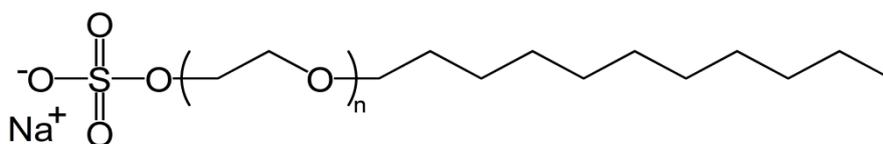


Figura 18 - Lauril sulfato de sódio

**Sabão em pó Clara Plus(ABS):** Linear Alquil Benzeno Sulfônico, Emulsificante, Alcalinizante, Branqueador Óptico, Carga, Corante e Essência.

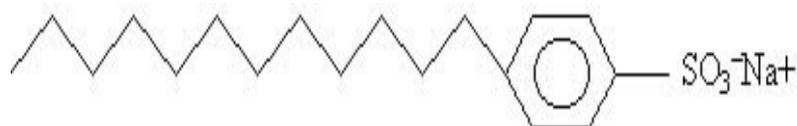


Figura 19 - Alquil benzeno sulfonato de sódio

## 4.2. Fase Óleo

O Hexano foi escolhido para utilização no processo de extração por se tratar de um solvente orgânico de fácil acesso e por ser largamente utilizado na extração L-L convencional. Trata-se de um hidrocarboneto bastante insolúvel (devido sua característica apolar) em fase aquosa, o que facilita a separação das fases e por apresentar resultados satisfatórios.

## 4.3. Fase aquosa

A fase aquosa dos sistemas I, II e III utilizadas foram as soluções de  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  e  $\text{CrCl}_3$ , a concentração de 0,1 g/L com intuito de avaliar a eficiência dos tensoativos comerciais utilizados. A Figura 20 mostra as soluções a serem colocadas no agitador magnético.



Figura 20 – Solução aquosa dos metais

## 4.4. Extração do metal

A Figura 21 ilustra o processo de extração para os sistemas I, II e III envolvendo os tensoativos utilizados. Em solução de Cloreto de cromo.



Figura 21 – Solução de  $\text{Cr}_3\text{Cl}$ , tensoativo e a hexano no agitador magnético  
Para a homogeneização das fases.

A Figura 22 ilustra a separação das fases para os metais envolvidos, após a extração dos metais.



Figura 22 – Separação das fases após o processo de extração dos metais.

A Figura 23 mostra o processo de extração do Ferro, utilizando como tensoativo o OCS. Nessa figura o ferro de coloração amarela intensa, após o processo de extração

encontra-se na fase orgânica, mostrando a eficiência do tensoativo estudado. A fase aquosa pobre em metal foi separada e analisada por absorção atômica.

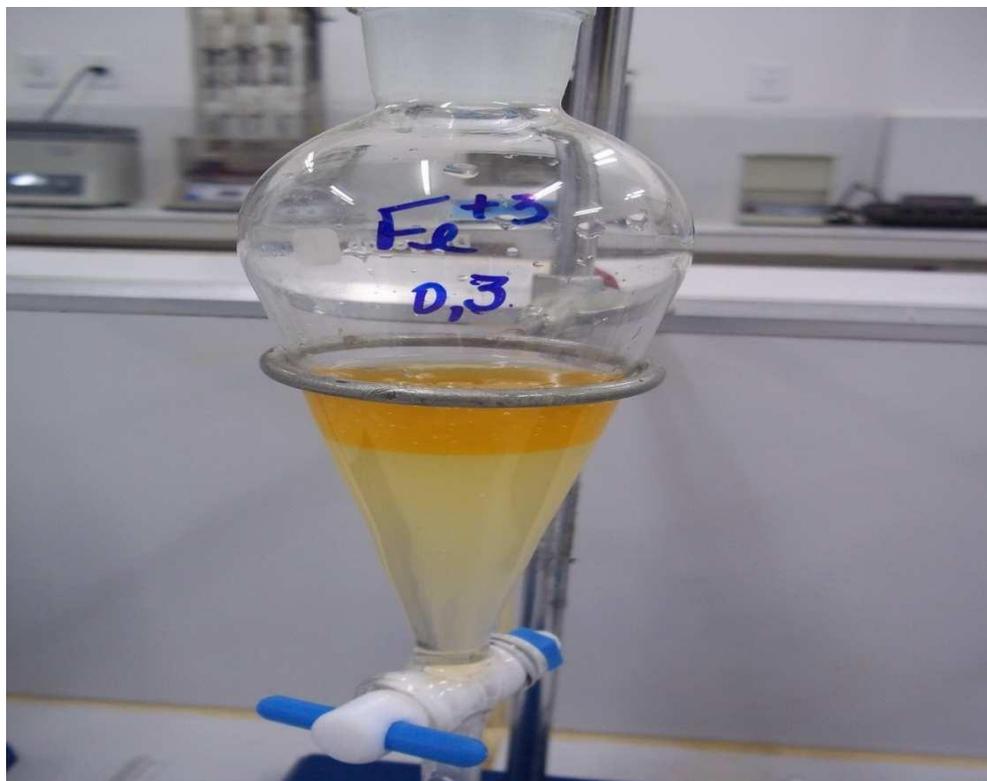


Figura 23 - Processo de extração do Ferro, utilizando como tensoativo o OCS.

A partir dos resultados obtidos por Espectroscopia de Absorção Atômica foram construídos os gráficos abaixo mostrados (Figuras 24, 25 e 26) com os resultados da eficiência dos tensoativos como extratantes de metais.

#### 4.4.1. Extração para o Sistema I - OCS

A Figura 24 mostra resultados de extração para o sistema I, onde os mesmos mostraram-se bastantes satisfatórios, com percentuais de 100% na concentração de 0,5 g/L para todos os metais. Mostrando que o aumento da concentração do tensoativo favorece um aumento na eficiência do processo. De acordo com a literatura o aumento dessa concentração favorece o processo de micelização, podendo os tensoativos se organizarem de diversas formas, lamelas, cilíndricas, cúbicas e etc, favorendo a interação

eletrostática da cabeça do tensoativo com os metais. A figura 23 mostra ainda, que o Cromo foi o que apresentou os melhores percentuais de extração, em concentrações

inferiores a 0,5 g/L, permitindo reduzir a quantidade de tensoativo e o custo da extração. Essa eficiência pode ser explicada por ser o Cromo um metal de fácil interação com o OCS, fato observado em trabalhos encontrados na literatura.

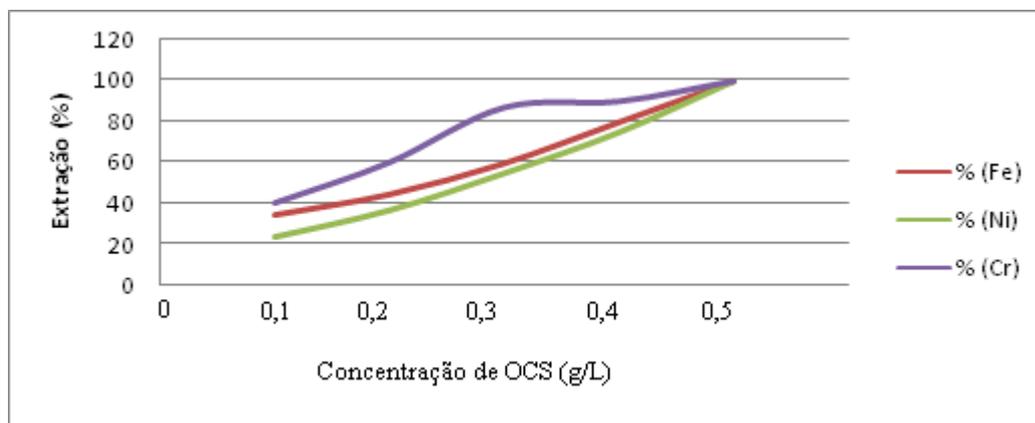


Figura 24 – Gráfico de concentração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema sistema I

#### 4.4.2. Extração para o Sistema II – LSS

Na Figura 25 os resultados de extração apresentaram percentuais de 90% na concentração de 0,5 g/L apenas para o Cromo. Para efeito de extração esse é um resultado satisfatório, mas quando comparado com o OCS, esses resultados são insatisfatórios. A pouca eficiência do LSS (OMO) nesse processo pode ser explicada pela estrutura do tensoativo que apresenta uma parte hidrofóbica (cauda do tensoativo) bastante pronunciada. Essa característica do tensoativo oferece a esse tipo de composto uma maior afinidade por extração e remoção de gorduras. Devido a essa característica de aplicação, esse tensoativo é considerado um dos mais utilizados no mercado.

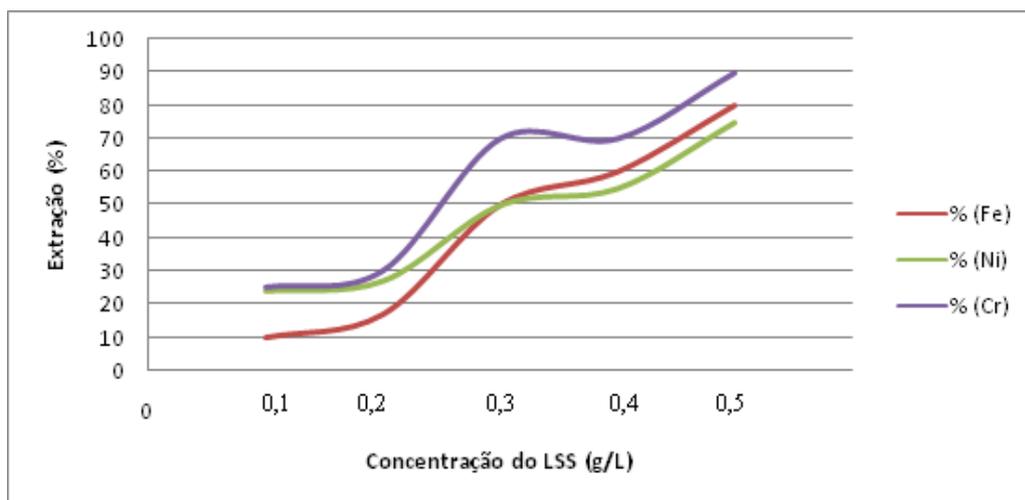


Figura 25 - Gráfico de concentração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema sistema II

#### 4.4.3. Extração para o Sistema III - ABS

Analisando os resultados da Figura 26, a extração chegou a percentuais de 90% na concentração de 0,5 g/L apenas para o Cromo. Para o Níquel e Ferro os percentuais de extração não chegaram a 70%. Quando comparado com os demais extrantes OCS e LSS, esses resultados foram insatisfatórios, fato que pode ser explicado pela estrutura do ABS (Figura 19) que apresenta cadeia longa e ainda um grupo aromático em sua estrutura, dificultando a extração de metais. Essa forma da molécula também favorece a interação com outras moléculas apolares. Um outro fator importante observado nos resultados de baixos percentuais de extração, é o efeito estérico observado na estrutura do tensoativo dificultando a interação eletrostática do tensoativo com o metal.

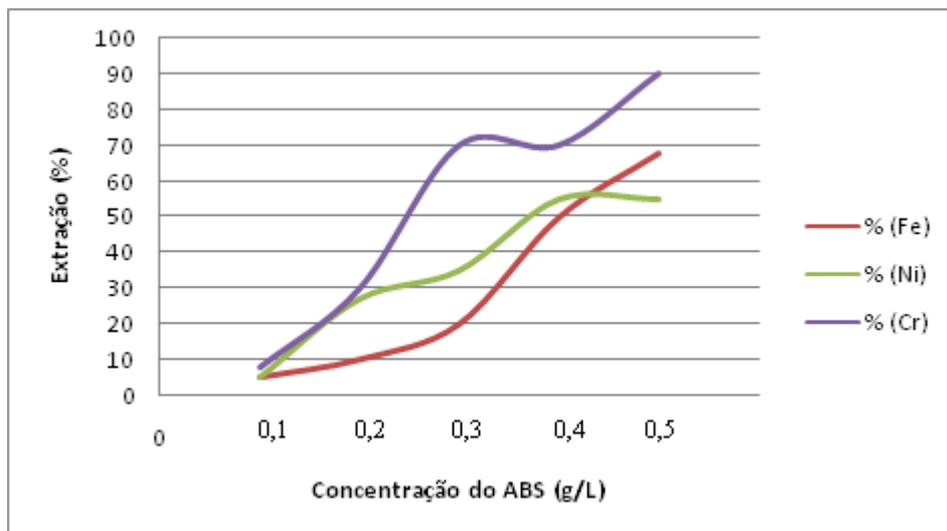


Figura 26 – Gráfico de concetração de extratante versus percentagens de metal após a extração para o sistema sistema III

## 5. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho nos permitiram estabelecer um conjunto de conclusões. Variando o percentual de extração de acordo com tensoativo utilizado.

Para o sistema I, utilizando o OCS como extratante, a fase orgânica hexano e a fase aquosa soluções de Cromo, Ferro e Níquel na forma de sais, os resultados foram satisfatórios, chegando a percentuais de 100% de extração para todos os metais em estudo.

Para o sistema II, utilizando o LSS como extratante, a fase orgânica hexano e a fase aquosa soluções de Cromo, Ferro e Níquel na forma de sais, os resultados foram de 90% de extração para todos os metais em estudo.

Para o sistema III, utilizando o ABS como extratante, a fase orgânica hexano e a fase aquosa soluções de Cromo, Ferro e Níquel na forma de sais, os resultados de extração de no máximo 90% para o Cromo e no máximo a 70% para o Ferro e Níquel.

Esses resultados nos permitem concluir que, devido à sua estrutura linear, o OCS foi considerado o melhor tensoativo, em relação ao LSS e ABS, com rendimentos excelentes para todos os metais em estudo. Outro fator importante é que a matéria prima do OCS pode ser obtida a baixo custo na região Nordeste do Brasil.

Podemos ainda chegar a conclusões importantes a respeito das estruturas dos tensoativos LSS e ABS. Essas estruturas não são favoráveis a extração de metais, devido efeitos de impedimentos estéricos, dificultando a interação cabeça do tensoativo metal, explicando os valores baixos de extração para esses metais.

## 6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, Daliane Oliveira de, **Injeção de vapor com aditivos para recuperação de óleos viscosos**, Monografia Universidade Federal do Rio Grande do Norte - CT – NUPEG – Campus Universitário, Natal, RN, 2003.

ATWOOD, D.; FLORENCE, A. T. **Surfactantes Systems**. 1ª Edição, London: Chapman and Hall, 1983.

ATWOOD, D.; FLORENCE, A. T. **Surfactants Systems: Their Chemistry, Pharmacy and Biology**. Chapman and Hall, London. 1985.

BARROS, NETO, E. L. **Extração de Cobre utilizando Microemulsões: Otimização e Modelagem**, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, DEC-PPGEQ, 1996.

BELTRAME, Leocádia Teezinha Cordeiro, **Sistemas Microemulsionados aplicados à remoção da cor de efluentes têxteis**, Tese de Doutorado, UFRN/CT/DEQ/PPGEQ, Natal, 2006

BRANDÃO, Mariétte Sueli Baggio, **Substâncias Tensoativas- Os fenômenos de autoconstrução e auto-organização de substâncias tensoativas e a sua importância na agricultura e em biotecnologia**, Tese de Doutorado, Universidade Leeds, Inglaterra 1997.

BISINOTI, Maria Cristina; JARDIM, Wilson de Figueiredo, **O emprego de técnicas analíticas na especiação de metais pesados e sua importância para o estudo do ambiente**, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Laboratório de Química Ambiental, julho de 2004.

CRITTENDEN, B. D., **Principles of stagewise separation process calculations – a simple algebraic approach using solvent extraction chemical**, Engineering Education. *Chemical Division*, ASEE, 1991.

CURBELO, Fabiola Dias Da Silva, **Recuperação avançada de petróleo utilizando tensoativos**, **Tese de Doutorado**, Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Centro De Tecnologia, Departamento De Engenharia Química, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química, março de 2006.

DAMASCENO, B.P.G.L.; et. AL, **Microemulsão: um promissor carreador para moléculas insolúveis**, *Rev Ciênc Farm Básica Apl.*, 2011;32(1):9-18 ISSN 1808-4532.

DELNUNZLO, M. J. **Tensoativos e suas aplicações básicas**. *Aerossol & Cosméticos*, 14-22, 1990.

FARIA, Anísio M.; et al, **Extração Por Ponto Nuvem: Técnica Alternativa para a Extração de Resíduos de Agrotóxicos**, *Pesticidas*, vol. 1, nº 2, p. 15-22, 2005.

FREIRE, Eleonora M. Pereira de Luna, **Análises de metais por espectroscopia de absorção atômica**, Departamento de Engenharia Química, UFPE, 2008.

FERRERA, Z. S.; SANZ, C. P.; SANTANA, C. M.; RODRIGUEZ, J. J. S. **The use of micellar systems in the extraction and pre-concentration of organic pollutants in environmental samples**. *Trends Anal. Chem.*, v. 23, p. 479-489, 2004.

FORMARIZ, Thalita Pedroni.; URBAN, Maria Cristina Cocenza.; SILVA JUNIOR, Arnóbio Antônio da; GREMIÃO, Maria Palmira Daflon; OLIVEIRA, Anselmo Gomes de, **Microemulsões e fases líquidas cristalinas como sistemas de liberação de fármacos**, *Rev. Bras. Cienc. Farm.* vol.41 no.3 São Paulo July/Sept. 2005. Paueb. 2001.

FROES, Roberta Eliane Santos. **Emprego da modificação Química permanente para a determinação de metais em matrizes diversas por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite**. *Revista Analítica*, Julho 2006.

HOSHINO, H.; Saitoh, T.; Taketomi, H.; Yotsuyanagi, T.; *Anal. Chim. Acta* **1983**, *147*, 339.

HUNTER, R. J. **Introduction to Modern Colloid Science**. Oxford University Press, New York. 1992

JESUS, Alexandre de, **Desenvolvimento de método analítico para determinação de metais em biodiesel e óleo vegetal por espectrometria de absorção atômica com chama**, Dissertação de Mestrado, UFRN/IQ/PPGQ, Natal, 2008.

KRAFFT, F.; Wiglow, H. **Chem. Bericht**, V. 28, p. 2566, 1985.

LEITE, R. H. L. **Extração de Cromo de Efluentes Decurtumes utilizando microemulsões**, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: DEQ-PPGEQ, 1995.

LOPES, V. S.; et al, **Obtenção de um tensoativo aniônico a partir de óleo de Rana catesbeiana SHAW**, Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 30, n. 2, jul-dez, 2010, p. 00-00.

LUCENA NETO, M. H. **Estudo da Influência de Tensoativos em Sistemas Microemulsionados na Extração de Gálio e Alumínio**, Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, RN, 2005.

MACHADO, Daniele Longo, **Efeito de solventes orgânicos e da concentração de kcl na re-extração de lipases de *trichoderma* sp em micelas de aot/n-heptano**, Campus de Assis – Faculdade de Ciências e Letras – Engenharia Biotecnológica – FAPESP

MANIASSO, Nelson, **Ambientes micelares em química analítica** – Química Nova vol.24 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2001.

MENIAI, A. H., ; Newsham, D.M.T. **The Selection of Solventes for Liquid-Liquid Extraction**, Trans I chemE Vol. 70, Part A, pp. 78-87, Manchester 1992.

MOURA, Maria Carlenise Paiva de Alencar, **Otimização dos processos de recuperação do cromo de efluentes de cartumeor microemulsão no extrator Morris**, dissertação de mestrado – UFRN – 1997.

NOME, F.; Neves, A.; Ionescu, L. G. **Solution Behavior of Surfactants: Theoretical and applied aspects**. Plenum Press, New York. 1982.

OLIVEIRA, Anselmo Gomes de; Scarpa, Maria Virgínia; Correia, Marcos Antonio; Cera, Luciane Flávia Rodrigues; Formariz, Thalita Pedroni, **Microemulsões: Estrutura E Aplicações Como Sistema De Liberação De Fármacos**, Departamento de Fármacos e Medicamentos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, CP 502, 14801-902 Araraquara – SP, *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 1, 131-138, 2004.

PRESTON, W. C. J. *Phys. Chem.* v.52, p.848, 1948. ROSEN, M. J. **Surfactants and interfacial phenomena**. N.Y., Ed. Wiley-Interscience, 1978. SAUNDERS, L. Molecular aggregation in aqueous dispersions of phosphatidyl and lysophosphatidyl cholines.

REIS, Maycon Fagundes Teixeira, **Micelas reversas formadas por surfactantes /solvente orgânico/água: estudo termodinâmico e aplicação para extração de proteínas na semente de jaca**, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – Itapetinga, Bahia, 2010.

ROBBINS, L. A.; **Liquid-Liquid Extraction**. In: Schweitzer, P. A. **Handbook of Separation Techniques for chemical Engineers**, Secand Edition Section 1.9, pp. 1-273 Mc Graw-Hill, Inc. USA 1988.

ROSSI, Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira.; DANTAS, Tereza Neuma De Castro; DANTAS NETO, Afonso Avelino.; MACIEL, Maria Aparecida Medeiros. **Tensoativos: uma abordagem básica e perspectivas para aplicabilidade industrial.** Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra, Seropédica, RJ: EDUR, v. 25, n.1-2, p. 73-85, 2006.

ROUVIERE, J.; Faucompre, B.: **Journal Chem. Phys.** V.80, p.3, 1983.

SHULMAN, J. H.; ROBERTS, T. S. **Trans. Faraday Soc.**, nº 42B, p. 165, 1976. In: Roob. I. D. Microemulsions. New York: Pelenun Press, 1982.

ZAGO NETO, **Odone Gino; Pino, José Claudio Del,Trabalhando a Química Dos Sabões e Detergentes,** Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Química Área de Educação Química.