

## AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA EMULSÃO ÓLEO/ÁGUA PROVENIENTE DOS RESÍDUOS DE UMA INDÚSTRIA BENEFICIADORA DE GEMAS FRENTE AO USO DE DIFERENTES SURFACTANTES

*Fernanda Cristina Wiedusch Sindelar, Max Alan Ritter, Simone Stülp\**  
*Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS, Brasil*

\*E-mail: [stulp@univates.br](mailto:stulp@univates.br)

*Recebido em 15/04/2013  
Aceito em 30/04/2013*

### RESUMO

A reutilização dos resíduos gerados pelos diversos setores industriais é uma prática que cada dia é mais utilizada, devido ao comprometimento das indústrias com sua responsabilidade social (proteção ao ambiente) ou a exigências dos órgãos de proteção ambiental, já que muitos resíduos não possuem o devido descarte. Na indústria de beneficiamento de gemas a busca pelo reaproveitamento dos resíduos também tem se tornado uma realidade. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o reaproveitamento do óleo utilizado como lubrificante na indústria de beneficiamento de gemas, juntamente com água, surfactantes e anticorrosivos. Para preparo das emulsões foram utilizadas amostras de óleo diesel utilizado como lubrificante no setor de corte deste tipo de indústria, mais os seguintes surfactantes: Tween 20, Tween 80, Lauril Éter Sulfato de Sódio (SLES) e Cetiol HE. Depois de realizadas análises de pH, viscosidade, densidade e separação de fases nestas emulsões, chegou-se a conclusão que o surfactante Lauril Éter Sulfato de Sódio proporcionava a melhor formulação. Utilizando-se deste resultado, foram preparadas novas emulsões com o surfactante Lauril Éter Sulfato de Sódio e um anticorrosivo, neste caso, o molibdato de sódio. Nestas soluções contendo molibdato de sódio mais óleo e surfactante foram realizadas análises de resistência à corrosão deste sistema, utilizando-se de placas de aço SAE 1020, pela análise de perda de massa. Após estas análises, verificou-se que a adição de um anticorrosivo pode reduzir ou inibir a oxidação, mas em outros casos, como neste estudo, pode promover uma oxidação ainda maior.

**Palavras-chave:** indústria, resíduo, reaproveitamento, surfactante, emulsões, anticorrosivo.

### 1 Introdução

O Rio Grande do Sul é um dos maiores beneficiadores de gemas do Brasil tendo como destaque, a ágata e ametista, sendo líder mundial em produção (400 t/mês) nestes dois minerais [1]. Além do extrativismo, o cenário gaúcho se destaca na produção de joias, bijuterias e artefatos de pedras [2]. Existem dados sobre a indústria de beneficiamento de gemas que relevam que existem aproximadamente 2000 empresas neste ramo (extração, lapidação e artefatos de pedras), localizadas em sua maioria nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Bahia [3]. Empresas não registradas não estão contabilizadas nesta estimativa.

Não há uma definição específica para o termo gema. Gemas são principalmente minerais agregados ou mais raramente rochas, podendo ser de origem orgânica ou sintética. Devido a certas características das gemas que só aparecem após o processo de lapidação, usualmente utiliza-se o termo gema, para a pedra, após sofrer o processo de lapidação [4].

Ágata é o nome dado a uma variedade do quartzo, o microcristalino que apresenta riscas. Entre as características da ágata estão suas cores, que podem se apresentar multicoloridas ou em vários tons da mesma cor.

Ágatas são nódulos ou geodos, formados em ambiente vulcânico a partir do vácuo criado por gases [5]. No Brasil, a maior ocorrência está no Rio Grande do Sul, por este motivo a força da indústria de beneficiamento deste mineral [3].

Atualmente as empresas deste ramo buscam o aprimoramento de seu desempenho ambiental, procurando aprimorar ações sustentáveis [6-7].

Na busca destas novas tecnologias, uma das formas encontradas para a redução dos impactos ambientais é a reutilização dos resíduos gerados (pesquisas realizadas pelo grupo indicam que aproximadamente 30% da matéria-prima processada na indústria de beneficiamento de gemas transforma-se em resíduo após o primeiro corte), utilizando-se de outros componentes não nocivos ao ambiente, aos seres humanos e até mesmo ao maquinário das indústrias. Para tanto, uma das formas é reaproveitar o óleo utilizado durante o processo de lapidação das gemas, óleo este que fica impregnado no resíduo final, utilizando água, substâncias emulsionantes e anticorrosivas.

Para ser reaproveitado, este óleo primeiramente deve ser retirado do resíduo, através de lavagens, por processos mecânicos ou químicos.

Como água e óleo são substâncias imiscíveis, é necessária a adição de um surfactante para que ocorra a formação de uma emulsão, uma suspensão de gotículas de

óleo em água [8]. A mistura de dois líquidos imiscíveis ou parcialmente miscíveis é definida como emulsão, onde uma fase encontra-se dispersa na outra em forma de gotículas [9]. O surfactante atuará como um agente ativo. Quando adicionado a um líquido, faz com que sua tensão superficial diminua, ocorrendo sua maior concentração, na interface dos líquidos [10].

É necessário um cuidado especial com o tipo de água utilizado, pois águas duras (presença de sais de cálcio e magnésio) podem alterar a estabilidade de uma emulsão. Com o óleo é preciso tomar certos cuidados com a sua oxidação, pois ele pode ser oxidado pelo oxigênio presente na atmosfera e contaminado pela ação de fungos e bactérias [11].

Segundo Oliveira [9], para que uma emulsão seja considerada estável, a água deverá permanecer dispersa por cinco dias ou mais.

Os surfactantes normalmente são constituídos por moléculas anfifílicas, ou seja, moléculas que possuem em sua estrutura uma região polar (maior afinidade com a água) e outra apolar (maior afinidade com líquidos apolares e o ar). Geralmente a porção polar é constituída de um carboxilato, enquanto que a porção apolar como sendo uma cadeia hidrocarbonada longa [10]. Na emulsão óleo/água, o surfactante se localizará na interface dos líquidos, com a porção polar direcionada para a água e a porção apolar direcionada ao óleo, quanto maior a quantidade de surfactante adsorvido maior será a estabilidade da emulsão [9].

Dentre os surfactantes que podem ser utilizados pode-se citar: Tween 20, Tween 80, SLES e Cetiol HE, todos surfactantes de baixa toxicidade, para que caso a emulsão entre em contato com a pele do colaborador não cause nenhum tipo de reação prejudicial a sua saúde.

Tween 20 e 80 são tensoativos hidrofílicos, geralmente solúveis ou dispersíveis em água e empregados para obter emulsões do tipo óleo em água (O/A), como dispersantes ou solubilizantes de óleos e como tensoativos em xampus [12- 13].

O SLES é o tensoativo aniônico mais empregado na indústria farmacêutica e de cosméticos. Obtido sinteticamente a partir da reação dos alcoóis graxos (láurico) de origem natural (pode ser dos ácidos graxos de coco, babaçu ou palmiste) com óxido de etileno, forma o éter etoxilado que, em seguida, é sulfatado, formando o lauril éter sulfato de sódio. É um produto com alto poder de detergência, sendo compatível com praticamente todos os demais ingredientes da indústria de cosméticos, possuindo baixo poder de irritação e não possuindo efeitos carcinogênicos [14-17].

Cetiol HE, PEG 7 ou cocoato de glicerila é um agente sobre engordurante hidrossolúvel, indicado para xampus, sabonetes líquidos, banhos de espuma, géis e preparações alcoólicas e também pode ser utilizado como surfactante [18- 19].

Os anticorrosivos ou inibidores de corrosão são substâncias que quando adicionadas a um meio, tem como

objetivo impedir, prevenir ou evitar que ocorram reações de oxidação com os metais [20].

A função dos anticorrosivos é neutralizar quimicamente a ação dos radicais livres, evitando a rancidez oxidativa, por exemplo, podendo evitar a formação de peróxidos, aldeídos, cetonas, dímeros e polímeros, produtos formados pelo termo-oxidação de óleos e gorduras [21- 22].

A ação do anticorrosivo é influenciada pela natureza, estrutura do anticorrosivo, carga na superfície do metal e também da agressividade do meio [23].

Os anticorrosivos atuam na superfície do metal, sendo adsorvidos por ela. Quando ocorre essa adsorção, o anticorrosivo se combinará com os produtos de corrosão, podendo formar um filme protetor na superfície do metal [20]. Em meios ácidos, o anticorrosivo é adsorvido pela superfície do metal sem óxidos, impedindo a reação de evolução do hidrogênio nos sítios catódicos, em meio neutro aumentam a camada protetora da camada de passivação (filme de óxido), impedindo assim a ação dos íons agressivos [23]. A adsorção poderá ocorrer física e quimicamente.

Uma importante informação referente aos anticorrosivos, diz respeito a sua eficiência: para um determinado tipo de material pode ser alta, mas com a alteração de certos parâmetros como quantidade de oxigênio dissolvido, temperatura e tempo, além de reduzir a eficiência, ele pode fazer com que a corrosão ocorra de forma mais rápida [20].

Uma das substâncias anticorrosivas citadas em estudos é o molibdato de sódio, que cria uma barreira de proteção através de reações químicas que o ânion molibdato sofre juntamente com o ferro presente na constituição do aço [24].

A utilização inicial do molibdato de sódio na indústria foi na área de tintas, como pigmento, tempos depois, foi utilizado como inibidor de corrosão. É considerada uma substância com baixa toxicidade. Segundo Modesto [20], ocorre a redução da densidade da corrente de passivação, pela formação de um filme insolúvel com o Fe (III), através da transferência de ânions da superfície do filme para o centro do pite, ocorre então a repassivação, e como consequência a inibição da corrosão.

Desta maneira, como a indústria em estudo já possui um sistema de reaproveitamento da fase líquida do resíduo gerado, o presente trabalho tem como objetivo utilizar surfactantes para que esta solução proveniente do reaproveitamento tenha uma maior estabilização, e que com a adição de anticorrosivo, haja a diminuição da depreciação do maquinário.

## 2 Parte Experimental

O presente trabalho foi realizado utilizando óleo diesel marítimo utilizado na lubrificação das máquinas de corte de uma indústria de beneficiamento de gemas, localizada no município de Teutônia-RS.

A geração do resíduo utilizado para o presente trabalho ocorre durante a etapa de corte/lapidação da matéria-prima, na qual é utilizado óleo diesel marítimo para lubrificação e refrigeração do corte, formando um resíduo acinzentado, que chamaremos de lodo. Este lodo contém uma fase sólida formada por grãos minúsculos da matéria-prima (gema) e uma fase líquida proveniente do óleo utilizado para lubrificação. O óleo diesel marítimo segundo a legislação federal RESOLUÇÃO CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 [25], é considerado um resíduo de Classe I, por ser um produto inflamável.

Durante o processo de corte, quando ocorre o acúmulo deste lodo no maquinário, ele é retirado das máquinas e levado a um setor onde é realizada a sua lavagem. Esta lavagem consiste da adição do lodo e água em uma betoneira, na proporção de 1:1, seguido de uma agitação durante alguns minutos. Após este período de agitação, está mistura fica em repouso em tonéis, para que ocorra a sedimentação da fase sólida, sendo em seguida a fase líquida retirada e reaproveitada nas máquinas de corte. A fase sólida fica armazenada em tonéis no pátio da empresa, aguardando um tratamento. A mistura óleo:água proveniente da lavagem é utilizada nas máquinas, porém sem nenhum pré-tratamento. O resultado deste reuso não é satisfatório, pois há queda no rendimento do corte e oxidação do maquinário.

Desta forma, no presente estudo, foram realizados estudos para avaliação da reutilização do óleo utilizado no processo de corte da indústria de beneficiamento de gemas, com a adição de um surfactante para emulsionar os líquidos (ÓLEO + ÁGUA). Foram realizadas as seguintes análises: pH, densidade, viscosidade e separação de fases.

O estudo foi realizado em escala de bancada, utilizando: óleo diesel marítimo (proveniente da lavagem do lodo), água da rede de abastecimento urbano, e surfactantes (Tween 20 - Synth, Tween 80 - Merck, SLES - Synth e Cetiol HE - Embacaps).

Nos testes de bancada foram adicionados em um becker de 250 mL: 10 g de óleo diesel marítimo, 85 g de água e 5 g de surfactante, baseado nos estudos realizados por Frange e Garcia [26]. Agitou-se a mistura durante 10 minutos em agitador mecânico de marca Fisatom modelo 713D.

Após a agitação, realizou-se a análise do pH da solução. Estas emulsões foram então levadas a funis de separação de 250 mL, ficando em repouso por 24 horas. Após este período, analisou-se o grau de separação de fases da emulsão.

Após 24 horas, as emulsões foram armazenadas em erlenmeyer's de 250 mL e frascos âmbar, onde após sete dias foi analisado novamente o grau de separação de fases.

Passados 15 dias, analisou-se: separação de fase (método visual); pH (utilizando pHmetro Metrohm 827 pH LAB); densidade (utilizando picnômetro de 50 mL e balança semi analítica marca BEL Engineering modelo MARK 2200); viscosidade (utilizando viscosímetro de Ostwald, 40

mL); separação de fases forçada (pipetou-se 2 mL de cada uma das emulsões preparadas para dentro de um tubo de ensaio, sendo que os tubos foram colocados em centrífuga de marca Excelsa II modelo Centrifuge 206BL, onde foram centrifugados por aproximadamente 30 minutos a uma rotação de 3500 rpm e em seguida analisadas visualmente) [26].

Após realizados os estudos com os surfactantes descritos acima, realizou-se o estudo de resistência à corrosão do molibdato de sódio, que segundo a bibliografia consultada atua como inibidor da corrosão [20, 24, 27].

Para comparar o poder anticorrosivo das emulsões foi realizado ensaio de perda de massa. Onde foram preparadas soluções com e sem a presença de inibidor. Nas soluções foram imersas placas de aço SAE 1020 de 8x5cm de tamanho, retificadas em um dos lados. Todas as placas foram lavadas com álcool e algodão, em seguida secas. Foram realizadas análises de formação de oxidação após 120 horas de imersão, por microscopia, utilizando microscópio marca QUIMIS modelo Q730MIT e perda de massa utilizando balança analítica marca BEL Engineering modelo 210A. Todos os resultados foram realizados em triplicata.

### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Análises de pH

As amostras foram homogeneizadas e submetidas à leitura em temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Na Tabela 1 estão os resultados, que correspondem à média de três leituras com o respectivo desvio padrão. Sendo os resultados das leituras das emulsões discriminados como: pH 1, logo após a homogeneização da emulsão na preparação das amostras, pH 2, após 15 dias armazenadas em frasco âmbar de 1 L e pH 3, após 15 dias armazenadas em erlenmeyer com tampa de 250 mL.

Tabela 1 – Resultados da análise de pH na preparação das emulsões e após 15 dias de repouso

Surfactante	pH		
	1	2	3
Tween 20	5,03 ± 0,12	5,24 ± 0,49	4,75 ± 0,81
Tween 80	3,92 ± 0,35	4,61 ± 0,78	4,1 ± 0,68
Lauril Éter Sulfato de Sódio	6,76 ± 0,35	6,27 ± 0,26	5,58 ± 0,22
Cetiol HE	5,09 ± 0,54	4,99 ± 0,39	3,99 ± 0,18
Água		6,2 ± 0,29	
Óleo		4,53 ± 0,39	

Dentre os surfactantes testados é possível destacar o SLES, o qual apresenta pH próximo ao da água utilizada para preparação da emulsão, o que diminuirá as chances de



ocorrer uma oxidação do metal e conseqüente menor agressão aos funcionários da empresa que manipulam as peças no processo produtivo, já que o pH das emulsões se assemelha do pH da superfície de nossa pele, que fica entre 4,60 – 5,88, levemente ácida, para proteger-nos da ação de bactérias e fungos [28].

### 3.2 Análises da Viscosidade

Da mesma maneira que para a análise de pH, as emulsões foram homogeneizadas para realização da análise de viscosidade, em temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Na Tabela 2 estão dispostos os resultados, que correspondem à média de três leituras com o respectivo desvio padrão. Os resultados estão discriminados como: viscosidade 1 – análise da emulsão armazenada em frasco âmbar após 15 dias de repouso e viscosidade 2 – análise da emulsão armazenada em erlenmeyer após 15 dias de repouso.

Tabela 2 – Resultados da análise de viscosidade (kg/(m.s)) após 15 dias de repouso.

Surfactante	Viscosidade (kg/(m.s))	
	1	2
Tween 20	$0,001175 \pm 8,9 \times 10^{-5}$	$0,001141 \pm 8,6 \times 10^{-5}$
Tween 80	$0,001150 \pm 5,55 \times 10^{-5}$	$0,001123 \pm 5,16 \times 10^{-5}$
SLES	$0,001037 \pm 4,46 \times 10^{-5}$	$0,000997 \pm 3,80 \times 10^{-5}$
Cetiol HE	$0,001198 \pm 5,45 \times 10^{-5}$	$0,001145 \pm 4,49 \times 10^{-5}$
Água	0,000911	
Óleo	0,001093	

Comparando os resultados percebe-se que os valores encontrados praticamente não variaram em relação às substâncias matrizes (água e o óleo), que por sua vez também não existe uma variação demasiada entre si, indicando que qualquer uma das emulsões estaria aceitável ao uso, já que a viscosidade está ligada à estabilidade da emulsão. Emulsões com viscosidade alta possuem gotas (porções de óleo) menores e tendem a ser mais estáveis [9].

### 3.3 Análises da Densidade

Para determinação da densidade das emulsões utilizou-se de picnômetros de 50 mL, sendo as emulsões homogeneizadas antes da análise. As análises foram realizadas em temperatura de  $22^\circ\text{C} \pm 1$ . Na Tabela 3 estão os resultados encontrados que correspondem à média de três leituras com o respectivo desvio padrão. Os resultados estão discriminados como: densidade 1 – análise da emulsão armazenada em frasco âmbar após 15 dias de repouso e densidade 2 – análise da emulsão armazenada em erlenmeyer após 15 dias de repouso.

Comparando os resultados de densidade, mais uma vez pode-se destacar o SLES, que apresenta os resultados mais próximos à densidade do óleo.

Tabela 3 – Resultados da análise de densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) após 15 dias de repouso.

Surfactante	Densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	
	1	2
Tween 20	$1,0508 \pm 0,0025$	$1,0530 \pm 0,0038$
Tween 80	$1,0082 \pm 0,0020$	$1,0100 \pm 0,0030$
SLES	$0,9540 \pm 0,0018$	$0,9548 \pm 0,0030$
Cetiol HE	$1,0410 \pm 0,0015$	$1,0420 \pm 0,0022$
Água	1,0530	
Óleo	0,9144	

### 3.4 Análises da Separação de Fases

Os estudos de separação de fases foram realizados de acordo com as metodologias de Frange e Garcia [26]. FRANGE & GARCIA (2009).

Na Figura 1 é possível comparar o grau de separação de fase forçado das diferentes emulsões após 15 dias de repouso depois de passarem pelo processo de centrifugação anteriormente descrito. Onde, 1A/1B correspondem às emulsões preparadas com Tween 20 como surfactante, 2A/2B Tween 80, 3A/3B Lauril Éter Sulfato de Sódio e 4A/4B Cetiol HE.

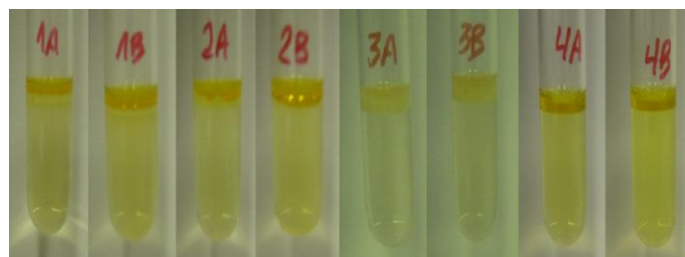


Figura 1 – Comparação entre a separação de fases das emulsões analisadas. 1A e 1B Tween20; 2A e 2B Tween80; 3A e 3B Lauril Éter Sulfato de Sódio e 4A e 4B Cetiol HE.

Sendo que na análise realizada conforme Frange e Garcia [26], visualizada na Figura 1, análise de separação de fase forçada, nenhuma das emulsões obteve um resultado satisfatório.

Na Figura 2a é possível comparar o grau de separação de fase das emulsões em repouso após 24 horas, onde observam-se as emulsões preparadas com Tween 20 (1A), Tween 80 (2A), SLES (3A) e Cetiol HE (4A) como surfactantes.



Figura 2 – Passadas 24 horas da preparação. Comparação entre a separação de fases das emulsões óleo água analisadas, contendo os surfactantes: 1A Tween20; 2A Tween80; 3A Lauril Éter Sulfato de Sódio e 4A Cetiol HE, após 24 h (a), 168 h (b) e 360 h (c) de repouso.

Na Figura 2b é possível comparar o grau de separação de fase das emulsões em repouso após 7 dias, onde observam-se as emulsões preparadas com Tween 20 (1B), Tween 80 (2B), SLES (3B) e Cetiol HE como surfactantes.

Para finalizar esta análise, na Figura 2c é possível comparar o grau de separação de fase das emulsões em repouso passados 15 dias. Onde, 1B correspondem às

emulsões preparadas com Tween 20 como surfactante, 2B Tween 80, 3B Lauril Éter Sulfato de Sódio e 4B Cetiol HE. Pode-se observar na Figura 2c que a única emulsão que se manteve estável ao final dos 15 dias (360h), mas não totalmente, foi a emulsão 3, a qual foi preparada com SLES, nas demais houve uma separação de fase maior, como é possível observar na emulsão 4, onde a fase oleosa está bastante visível.

### 3.5 Análises da Eficiência de Resistência à Oxidação

Para a análise de eficiência de resistência à oxidação foram utilizadas novas emulsões contendo como surfactante o SLES, devido a sua maior eficiência frente aos outros surfactantes nas análises descritas anteriormente.

Foram preparadas as seguintes soluções/formulações contendo: Água (1); Água + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L (2); Cloreto de Sódio 3,5% (3); Cloreto de Sódio 3,5% + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L (4); Óleo 10% + Água 85% + SLES 5% (5); Óleo 10% + Água 85% + SLES 5% + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L (6) e Óleo (7).

Na Tabela 4, encontram-se os resultados de pH das formulações utilizadas para análise da eficiência de resistência à oxidação. Ainda, na Tabela 4, encontram-se os resultados encontrados nos ensaios de perda de massa. Os resultados estão expressos em percentual de redução de massa. Na amostra 7, houve um acréscimo de massa, por este motivo os valores estão negativos. Esse aumento deve-se à adsorção do óleo ao metal, formando uma película protetora.

Tabela 4 – Resultados da análise de pH e perda de massa (após 120 h de imersão) das soluções preparadas sem presença e com presença do anticorrosivo.

Amostra	pH	Perda de Massa (%)			Valor Médio (%)	Desvio Padrão
1	6,4	0,0909	0,1102	0,0942	0,0984	0,1020
2	6,4	0,0008	0,0011	0,0013	0,0011	0,0002
3	7,2	0,1527	0,1716	0,1536	0,1593	0,0106
4	6,4	0,1235	0,1158	0,1260	0,1218	0,0053
5	6,3	0,0249	0,0218	0,0363	0,0277	0,0076
6	6,4	0,0506	0,0385	0,0517	0,0469	0,0073
7	4,2	-0,0014	-0,0011	-0,0089	-0,0038	0,0043

Nas fotos (Figura 3), é possível verificar a diferença entre as superfícies das placas de aço após 120 horas imersas nas diversas soluções testadas.



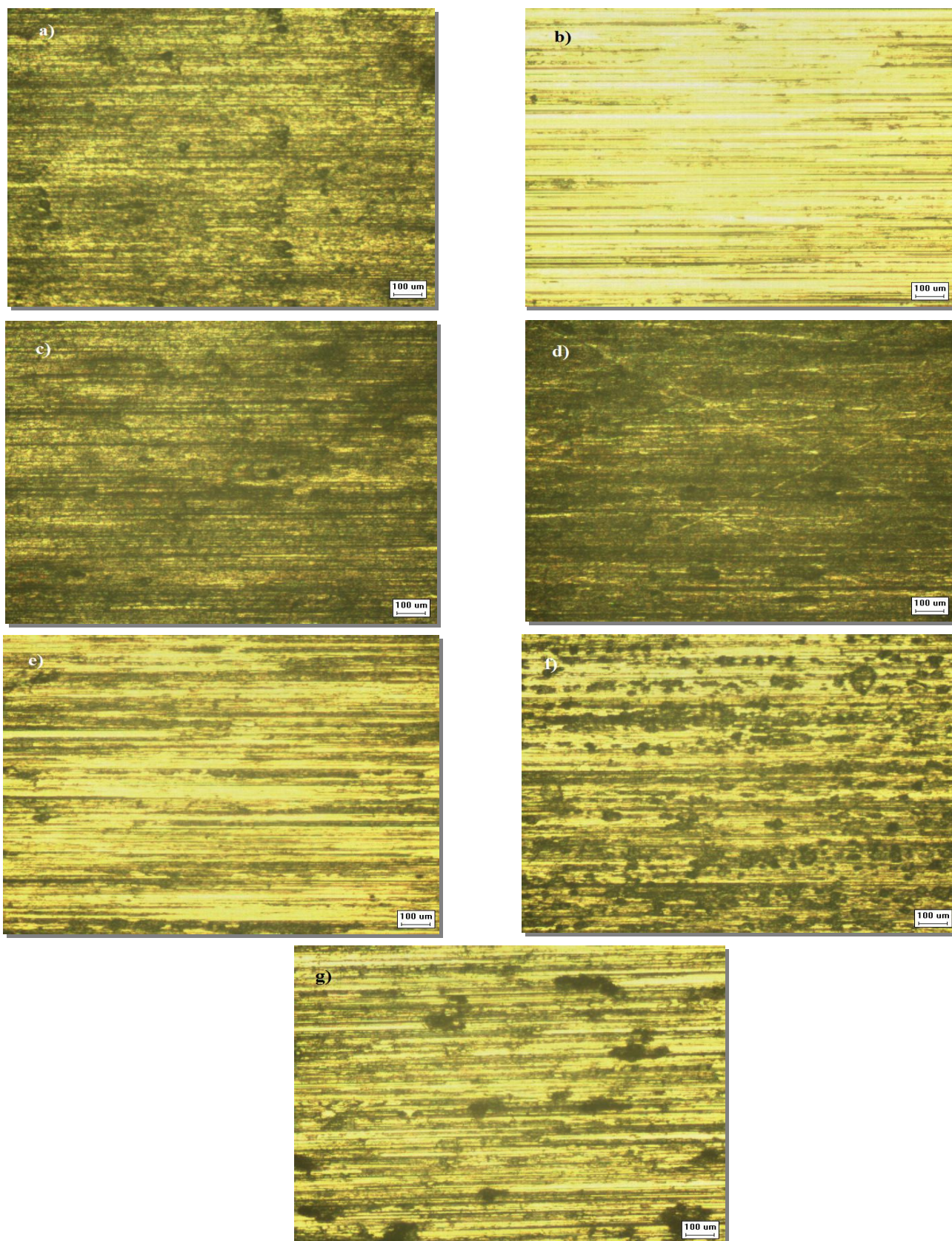


Figura 3 – Placa de aço SAE 1020 imersa por 120 horas em: a) água, b) solução contendo Água + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L, c) solução de Cloreto de Sódio 3,5%, d) solução contendo Cloreto de Sódio 3,5% + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L, e) solução contendo Óleo 10% + Água 85% + Lauril Éter Sulfato de Sódio 5%, f) solução contendo Óleo 10% + Água 85% + Lauril Éter Sulfato de Sódio 5% + Molibdato de Sódio  $5 \times 10^{-3}$  mol/L, g) óleo. Aumento 100X.



Comparando as micrografias e os resultados de perda de massa é possível observar que o Molibdato de Sódio realmente atua como um antioxidante. Como demonstra a Figura 3b, onde as placas foram imersas em uma solução contendo Água + Molibdato de Sódio, não houve uma formação de áreas com pontos de oxidação, consequentemente a perda de massa foi a menor em relação aos demais. Nos testes com soluções salinas (Figuras 3c e 3d), conforme esperado, as áreas corroídas foram as maiores em relação às demais soluções e como consequência foi onde ocorreu o maior percentual de perda de massa.

Nas Figuras 3e e 3f podem ser comparadas as soluções que continham a emulsão preparada com o Lauril Éter Sulfato de Sódio como surfactante. Como foi citado anteriormente, na emulsão que continha o anticorrosivo Molibdato de Sódio mais o surfactante SLES (Figura 3g) as áreas corroídas foram maiores do que na solução que não continha o anticorrosivo (Figura 3e), comprovado pela análise de perda de massa, confirmando as informações de MODESTO (2008) que a eficiência do Molibdato de Sódio como anticorrosivo pode sofrer alterações, dependendo do sistema emulsionante (ou emulsificante) em análise.

Na Figura 3g pode-se observar a formação de algumas áreas corroídas, mas também um acréscimo na massa e não uma perda, o que pode ser explicado por uma maior adsorção do óleo ao metal em relação a perda de massa por oxidação.

#### 4 Conclusões

No presente trabalho, avaliou-se a estabilidade e o reaproveitamento das emulsões contendo óleo e água de uma indústria de beneficiamento de gemas.

A partir dos resultados obtidos e da fundamentação teórica anteriormente descrita, é possível destacar que, dentre os surfactantes utilizados, as emulsões contendo Lauril Éter Sulfato de Sódio apresentaram os melhores resultados, possuindo um pH próximo do neutro e densidade semelhante a do óleo. Na viscosidade e separação de fases, todas as emulsões apresentaram praticamente os mesmos resultados. Na análise de eficiência de resistência à corrosão, as emulsões que continham apenas o SLES como surfactante, apresentaram os melhores resultados, até mesmo em relação às emulsões que continham o referido surfactante acrescido de anticorrosivo (Molibdato de Sódio).

Conclui-se então, que é possível gerar uma emulsão a partir do óleo proveniente dos resíduos gerados pela indústria de beneficiamento de pedras, com a adição de um surfactante, bastando apenas um teste prático, em escala piloto, para confirmar os resultados aqui expostos.

#### Agradecimentos

A Caye Pedras - Indústria, Comércio e Exportação de Pedras Preciosas e Semi Preciosas pela disponibilização de material e apoio, a Fapergs e ao Núcleo de Eletrofotocímica e Materiais Poliméricos – NEMP/Univates.

#### EVALUATION OF STABILITY OF EMULSION OIL / WATER FRONT OF THE USE OF DIFFERENT SURFACTANTS

**ABSTRACT:** The reuse of waste generated by various industrial sectors is a practice that has been increasingly used due to impairment of industries with their social responsibility (environmental protection) or the requirements of the protection of the environment, since many residues do not have proper disposal. In the processing industry in the reuse of stones is no different. This study aims to evaluate the reuse of the oil used as a lubricant in the stone processing industry, along with water, surfactants and corrosion. To prepare the emulsions samples were used of diesel oil as a lubricant used in the cutting industry this type of industry, plus the following surfactants: Tween 20, Tween 80, sodium lauryl ether sulphate and Cetiol HE. After completing the pH, viscosity, density and phase separation in these emulsions, the conclusion was reached that the surfactant Sodium Lauryl Ether Sulfate provided the best formulation. Using this result, new emulsions prepared with the surfactant Sodium Lauryl Ether Sulfate and an anticorrosive, in this case, sodium molybdate. In such solutions containing sodium molybdate were analyzed power anticorrosive this substance, using the SAE 1020 steel plates. After these analyzes, it was found that the addition of an anticorrosive may reduce or inhibit oxidation, but in other cases, as in this study, can promote oxidation even greater.

**Keywords:** industry, waste, recycling, surfactants, emulsions, corrosion.

#### Referências

- [1] HARTMANN, L.A.; Minerais estratégicos do sul do Brasil: geologia de geodos de ametista e ágata. Tecnologia para o setor de gemas, jóias e mineração. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2010.
- [2] REMPEL, C.; A joalheria moderna no Rio Grande do Sul. Tecnologia para o setor de gemas, jóias e mineração. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2010.
- [3] HENRIQUES, H. S.; SOARES, M. M.; Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos; Políticas e Ações para a Cadeia de Gemas e Jóias/ Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. Brasília, 2005. 116p.:il.
- [4] SCHUMANN, W.; Gemas no mundo. Tradução de Mario Del Rey. 9.ed. ampl. e atual. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002
- [5] APPENZELLER, Marina (trad.). Gemas – Guia Prático. São Paulo: Nobel, 1998.
- [6] PALMA, E. P. et al.; Estratégias de negócios sustentáveis e desempenho exportador: uma análise em empresas do setor de gemas e jóias. In: XV SEMEAD Seminários em Administração, 2012, São Paulo. Anais ... São Paulo: FEA USP, 2012, p 1-17.
- [7] CASAGRANDE, M. C. et al.; Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico. Cerâmica Industrial, v.13, n.1, p. 34-42, 2008.
- [8] CASTELLAN, G.; Fundamentos de Físico-Química. Traduzido por Cristina Maria Pereira dos Santos e Roberto de Barros Faria. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 2001.

- [9] OLIVEIRA, A. G.; Caracterização da distribuição do tamanho de gotas em emulsões água e óleo utilizando diferentes técnicas de medição. 2010. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2010.
- [10] NETZ, P. A., ORTEGA, G.G.; Fundamentos de físico-química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- [11] PRISTA, L. N. et al; Tecnologia Farmacêutica. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.
- [12] Mapric. Tween 80. Disponível em: [http://www.mapric.com.br/anexo/boletim544\\_21052008\\_113145.pdf](http://www.mapric.com.br/anexo/boletim544_21052008_113145.pdf), acessado em 13/11/12.
- [13] PORRASA, M. et al; Properties of water-in-oil (W/O) nano-emulsions prepared by a low-energy emulsification method. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, v.324, p. 181–188, 2008.
- [14] Ficha Técnica, DEG Importação de Produtos Químicos LTDA. Disponível em: [http://www.fagron.com.br/Literaturas/LITERATURAS%20COSMETICAS%5CLAURIL\\_ETER\\_SULFATO\\_SODIO.pdf](http://www.fagron.com.br/Literaturas/LITERATURAS%20COSMETICAS%5CLAURIL_ETER_SULFATO_SODIO.pdf)
- [15] Câmara Técnica de Cosméticos – CATEC. Parecer Técnico da Anvisa sobre Lauril Sulfato de Sódio. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/informa/parecer\\_lauril.htm](http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/informa/parecer_lauril.htm), acessado em: 24/08/12.
- [16] SILVA, C. et al. Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, vol. 39, n. 1, p. 1-20, 2003.
- [17] GUIMARÃES, M. J. O. C et al. Efeito da adição de um surfactante reativo nas propriedades de nanolátexes acrílicos. In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006, Foz do Iguaçu. Anais ... Foz do Iguaçu: 2006.
- [18] INFORMATIVO TÉCNICO - Cacoato de Glicerila PEG-7, Embacaps. Disponível em <http://www.emfal.com.br/ficha-tecnica/cocoato-de-glicerila-peg-7.pdf>, acessado em 13/11/12.
- [19] VOS, A. M.; KINGET, R. Study of the penetration-enhancing effect of two nonionic surfactants (Cetiol®HE and Eumulgin®B3) on human stratum corneum using differential scanning calorimetry. European Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 1, p. 89-93, 1993.
- [20] MODESTO, M.G. Avaliação do molibdato de sódio, tungstato de sódio e um copolímero a base de silano como inibidores de corrosão para o aço carbono ABNT 1005 em meio de NaCl 3,5%. 2008. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
- [21] SOUZA, E.C de. Estudo da oxidação do óleo de soja com diferentes concentrações de aditivos anti-oxidantes, para o uso em tratamentos térmicos de tempera. 2007. 169f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.
- [22] DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produto pré-fritos congelados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, n.1, p. 56-63, 2006.
- [23] GUEDES, I.C. Eficiência dos inibidores de corrosão benzotriazol, n-feniltioureia e cloreto de hexadeciltrimetil amônio quaternário para ferro puro, aço carbono e aço ARBL em meio de ácido sulfúrico. Tese (doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- [24] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- [25] BRASIL. RESOLUÇÃO Nº 313, DE 29 DE OUTUBRO DE 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31302.html>, acessado em: 15/09/12.
- [26] FRANGE, R.C.C., GARCIA, M.T.J. Desenvolvimento de emulsões óleo de oliva/água: avaliação da estabilidade física. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 30, n. 3, p. 263-271, 2009.
- [27] SAREMI, M.; DEGHANIAN, C.; SABET M. M. The effect of molybdate concentration and hydrodynamic effect on mild steel corrosion inhibition in simulated cooling water. Corrosion Science, v. 48, issue 6, p. 1404-1412, 2006.
- [28] LEONARDI, G. R.; GASPAR, L. R.; CAMPOS, P. M. B. G. M.. Estudo da variação do pH da pele humana exposta à formulação cosmética acrescida ou não das vitaminas A, E ou de ceramida, por metodologia não invasiva. Anais brasileiros de Dermatologia, v. 77, n. 5, p.563-569, 2002.