



RELATÓRIO FINAL F609 – Tópicos do Ensino de Física

**AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DE SURFACTANTES
ANIÔNICO E CATIÔNICO EM DIFERENTES TIPOS DE
SUPERFÍCIES**



Aluna: Bruna Alice Gomes de Melo **RA** 072845

e-mail: b072845 @ dac.unicamp.br

Orientador: Prof. Dr. David Mendez Soares

e-mail: soares @ ifi.unicamp.br

Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

Campinas, 11 de junho de 2012

Agradecimentos pela colaboração neste trabalho

Grupo do Laboratório de Nanoestruturas e Interfaces (LNI) – IFGW Unicamp:

Prof^o Dr. David Mendez Soares

Wyllerson Evaristo Gomes

Luiz Orivaldo Bonugli

Carla de Moraes Salgado

1. Resumo do Projeto

Compreender a natureza dos materiais, as propriedades e compatibilidades, é essencial para sua utilização em diversos fins.

Neste trabalho foi avaliado o comportamento de quatro superfícies diferentes quando em contato com a água e como a adição de surfactantes pode interferir nesse comportamento.

Os surfactantes são substâncias capazes de modificar propriedades físico-químicas das substâncias, diminuem a tensão superficial e são muito utilizadas na funcionalização de superfícies, como as que foram utilizadas neste projeto.

Um exemplo de surfactante é o detergente utilizado no dia-a-dia, que permite facilmente abordar o conteúdo com os alunos de Ensino Médio já que esse é um exemplo de fácil associação, algo muito importante em uma sala de aula.

O trabalho é de importância didática, pois é possível abordar temas como tensão superficial, polaridade, interações químicas e medidas de ângulo de contato de uma maneira prática.

2. Resultados Atingidos

Materiais utilizados:

- Substratos: mica, teflon, silício e ouro.
- Surfactantes: Dodecilsulfato de sódio, SDS, 8mM (aniônico) e cloreto de dodeciltrimetilamônio, CTAB, 5mM (catiônico).
- Micropipetador
- Software CAM200
- Papel vegetal
- Transferidor

Foram utilizados mais substratos do que na ideia inicial para maior diversidade nos resultados, já que cada superfície possui diferentes comportamentos.

Foram utilizadas duas soluções de surfactantes, um catiônico (CTAB) e um aniônico (SDS) para mostrar como diferentes tensoativos interagem com cada superfície.

Porém, antes da adição de cada surfactante, foi adicionada somente água, para posteriormente verificar como os surfactantes interferem nas propriedades da água.

O volume de cada gota foi de 5 μ L, adicionado com auxílio de uma micropipeta.

Os experimentos foram feitos no Laboratório de Nanoestruturas e Interfaces - IFGW, com auxílio do software CAM200, um sistema automatizado com câmera e filmadora (fig.1) que permite registrar com boa resolução a dinâmica da interação entre substrato e os líquidos.

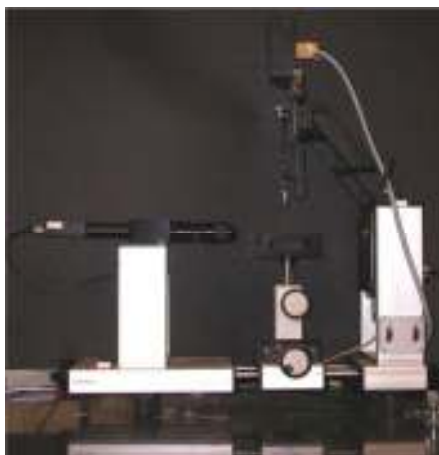


Fig.1. Aparelhagem usada para registro da interação superfície-fluido

No ambiente escolar, para que os alunos verifiquem o comportamento das gotas na superfície, não seria possível utilizar essa aparelhagem, portanto, a visualização é feita com o auxílio de uma lupa, a qual os alunos podem manipular facilmente.



Fig.2. Observação da interação superfície-fluido com a lupa

A medida do ângulo de contato foi feita tanto com o software *Image J*, no laboratório, quanto de uma forma mais simples, de fácil realização em sala de aula, com auxílio de um papel vegetal colocado sobre a foto da gota no computador, fazendo seu risco e com auxílio de um transferidor medir o ângulo de contato. Outra maneira simples é imprimir a foto e com o transferidor encontrar o ângulo. Mas como é difícil uma escola disponibilizar impressora para uso em sala, a outra opção é mais fácil.

Para isso, foram feitas imagens laterais das gotas sobre os substratos.

Para se medir o ângulo pelo software *Image J* as imagens precisam estar em preto/branco.



Fig.3. Imagem lateral em preto e branco de uma gota sobre a superfície.

A figura 2 mostra a imagem de como é feita a medição do ângulo de contato pelo software. A linha verde é ajustada sobre a gota e o ângulo de contato é calculado.

Esse procedimento foi feito para todos os fluidos em cada superfície e as imagens se encontram no anexo 1.

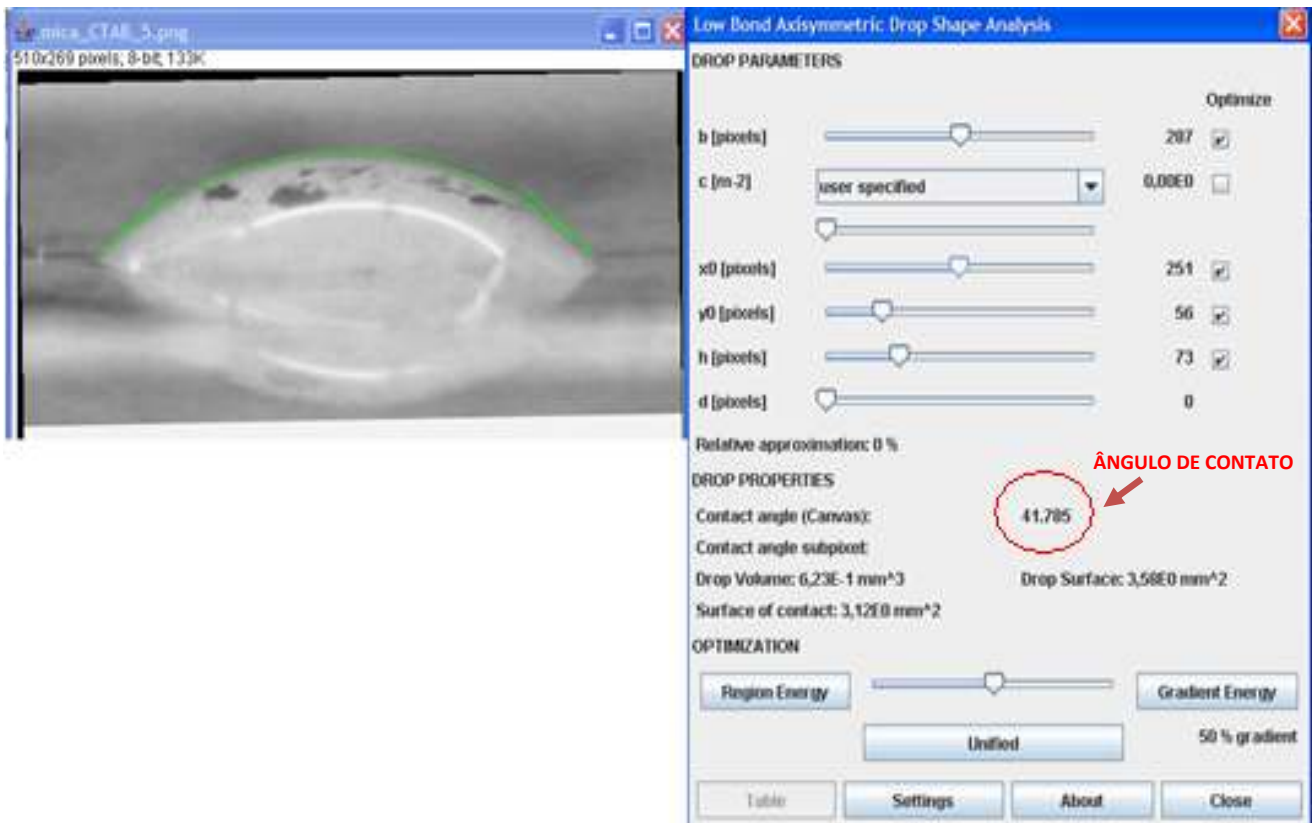


Fig.4. Imagem da medida do ângulo de contato pelo software *Image J*.

A forma mais simples de se medir o ângulo e a mais apropriada para se utilizar em sala de aula é utilizando um transferidor.

Utilizando a mesma foto do procedimento anterior, sobre a tela do computador coloca-se um papel vegetal, que por ser transparente permite fazer um risco sobre a foto da gota (fig.5). Depois utilizando régua e transferidor o ângulo de contato foi medido (fig.6).



Fig.5. Risco da imagem da gota com um papel vegetal



Fig.6. Medida do ângulo com um transferidor

2.1 Mica

A mica é mineral formado por diversos planos de clivagem atômicamente lisos, e em nossos experimentos foi clivada com uma fita adesiva ao término de cada etapa, produzindo uma superfície lisa e limpa novamente, que se torna carregada positivamente por uma camada de K^+ .



Fig.7. Mica

Interação com a água

A interação da água com a mica, que é altamente hidrofílica, foi muito rápida, (fig. 8), mostrando grande molhabilidade a qual é traduzida pelo ângulo de contato muito próximo de 0° .

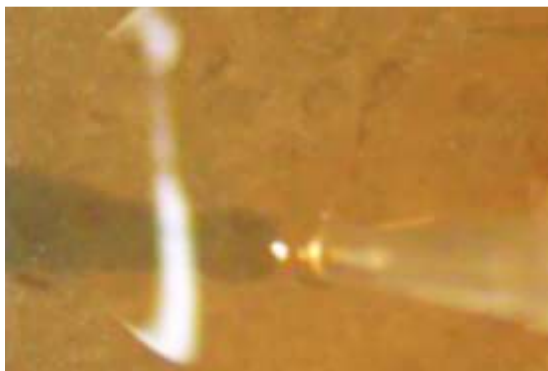


Fig. 8. Espalhamento da gota de água sobre a mica

Interação com CTAB

Em seguida foi adicionado o surfactante catiônico, CTAB, sobre a mesma mica, mas clivada – essa é uma das vantagens de se utilizar esse mineral, que é formado por lamelas que podem ser clivadas, permitindo que obtenhamos sempre uma nova superfície.

O comportamento da gota foi muito interessante, pois no momento em que entrou em contato com a superfície foi observado o seu encolhimento, diminuindo a molhabilidade. Ou seja, ao se adicionar um surfactante catiônico à água, este diminui sua interação com a superfície, que como observamos anteriormente é muito alta (fig. 9).



Fig. 9.1. CTAB sobre a Mica



Fig.9.2. CTAB sobre a mica após alguns segundos

O ângulo de contato entre a solução de CTAB e a superfície da mica medido pelo programa foi de $41,8^\circ$ e o medido manualmente foi de 45° , sendo a diferença percentual de 7% apenas.

Portanto, a adição desse tensoativo diminuiu a interação entre o fluido e a superfície.



Fig.10. Imagem lateral da gota de CTAB sobre a mica.

Tabela 1. Medidas dos ângulos de contato CTAB-Mica

Software Image J	Manual	Diferença percentual
41,8°	45°	7,1%

Interação com SDS

Por fim, após a clivagem da mica, foi adicionada uma gota do surfactante SDS e o comportamento foi o inverso do anterior. Observou-se o espalhamento da gota

sobre a superfície, não tão rápido com no caso da água, mas a molhabilidade deste tensoativo foi muito maior do que a do o aniônico (fig. 11).



Fig. 11.1. SDS sobre a mica



Fig. 11.2. SDS sobre a mica após alguns segundos

A adição de SDS à água diminuiu a molhabilidade, mas não tanto quanto o CTAB, como é possível notar pelas imagens e confirmado pelas medidas de ângulo de contato, cuja diferença percentual entre os dois métodos foi de 14%.



Fig.12. Imagem lateral da gota de SDS sobre a mica, depois de estabilizada.

Tabela 2. Medidas dos ângulos de contato SDS-Mica

Software Image J	Manual	Diferença percentual
21,7°	18,5°	14,7%

A interação com a água mostrou a hidrofilicidade da mica, pois o líquido se espalhou rapidamente.

A adição de um surfactante catiônico modificou essa característica, pois foi observado um encolhimento da gota sobre a superfície, isso por causa da repulsão eletrostática entre substrato e surfactante, diminuindo assim sua molhabilidade.

Já a adição do tensoativo aniônico também alterou o comportamento da água na superfície, que não a molhou instantaneamente, mas se espalhou em alguns segundos. Isso se deu pela atração eletrostática.

2.2 TEFLON

O teflon, Politetrafluoretileno (PTFE), é um polímero inerte, impermeável e altamente hidrofóbico.



Fig.13. Teflon

A associação de polímeros com surfactantes confere um aprimoramento de propriedades para o uso comercial. ^(5,8)

Interação com água

Ao ser adicionada ao teflon, a gota de água não se espalhou, mostrando o quanto a superfície é hidrofóbica, ou seja, houve pouca molhabilidade no substrato (fig. 14).



Fig. 14. Água sobre o teflon

A medida do ângulo pelo software não foi bem executada, como podemos observar na figura 15, fornecendo um valor errado, pois pela imagem da gota, nota-se que esta deve ter um ângulo maior que 90° . Portanto, nesse caso a medida confiável foi a feita manualmente.

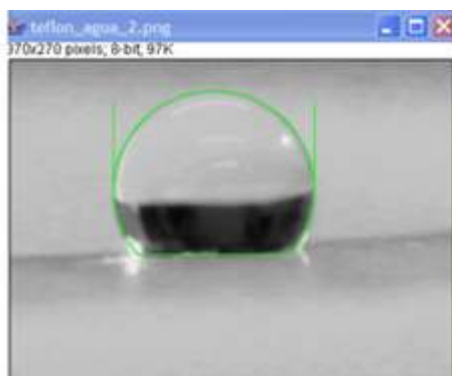


Fig.15. Ângulo água-teflon feita pelo software

Tabela 3. Medidas dos ângulos de contato Água-Teflon

Software Image J	Manual	Diferença percentual
89,3°	125,5°	28,8%

Pela imagem lateral é possível ver como a água pouco interagiu com a superfície:

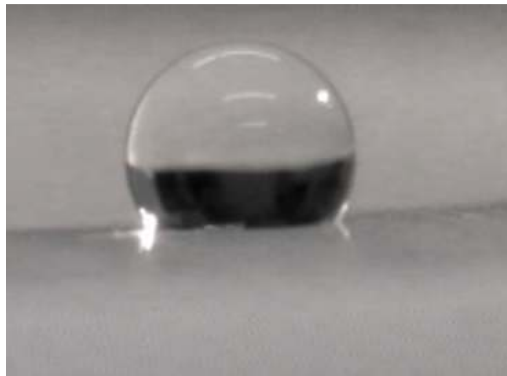


Fig.16. Imagem lateral da gota d'água sobre o teflon

Interação com CTAB

Adicionando o surfactante catiônico, CTAB, percebeu-se como este interfere na interação da água com a superfície, pois foi observada maior molhabilidade com a superfície hidrofóbica (fig. 17).



Fig. 17. CTAB sobre o teflon

A diferença percentual entre as duas medidas foi de apenas 1,4%, o que mostra que a medida manual nesse caso foi tão confiável quanto à feita pelo software.



Fig.18. Imagem lateral do CTAB sobre o teflon

Tabela 4. Medidas dos ângulos de contato CTAB-Teflon

Software Image J	Manual	Diferença percentual
88,7°	90°	1,4%

Interação com SDS

Caso foi semelhante foi a interação entre a solução do surfactante aniônico, SDS, com a superfície. Novamente houve maior molhabilidade no teflon do que quando adicionada somente água (fig. 19).



Fig. 19. SDS sobre o teflon

Como com o CTAB, a medida do ângulo para o SDS das duas maneiras foi satisfatória, pois a diferença percentual entre elas foi de 1,5%.



Fig.20. Imagem lateral do SDS sobre o teflon

Tabela 5. Medidas dos ângulos de contato SDS-Teflon

Software Image J	Manual	Diferença percentual
84,3°	83°	1,5%

O que se observou no experimento foi que a gota d'água teve o mínimo contato com a superfície, ou seja, a mínima molhabilidade possível.

Com a adição dos surfactantes notou-se a mudança de comportamento, pois houve maior molhabilidade. Isso devido a essas substâncias possuírem uma porção apolar, que interage com a superfície hidrofóbica do teflon.

Foi possível notar uma leve mudança entre a interação de cada tensoativo com o substrato. A solução de SDS se espalhou mais na superfície, confirmando o que diz a referência, ^(5,8) que polímeros se associam mais fortemente a surfactantes aniônicos.

2.3 SILÍCIO

O silício ocorre na natureza combinado com o oxigênio (SiO_2) e possui característica hidrofílica por normalmente apresentar grupos hidroxilas em sua superfície.



Fig.21. Silício

Interação com a água

Na adição da água em silício não houve espalhamento da gota sobre a superfície, a qual pode-se notar o comportamento levemente hidrofóbico (fig. 22).



Fig. 22. Água sobre o silício

Nas medidas para o silício, a diferença percentual entre as medidas foi maior. Nesse caso, de 18%.



Fig.23. Imagem lateral da água sobre o silício

Tabela 6. Medidas dos ângulos de contato Água-Silício

Programa J	Manual	Diferença percentual
64,2°	52,5°	18,2%

Interação com CTAB

Já na presença de CTAB, o comportamento foi diferente, sendo que a gota se espalhou pelo substrato lentamente, mostrando como o tensoativo modificou a interação da água com o silício (fig. 24).



Fig. 24.1. CTAB sobre o silício



Fig.24.2. CTAB sobre o silício após alguns segundos

Nesse caso, a diferença percentual entre as medidas foi de 7%, bem menor do que no caso anterior. Isso pode ser explicado pela nitidez das imagens e até mesmo a curvatura da gota de CTAB sobre o silício, que facilita a realização das medidas.



Fig.25. Imagem lateral do CTAB sobre o silício

Tabela 7. Medidas dos ângulos de contato CTAB-Silício

Software Image J	Manual	Diferença percentual
41,7°	45°	7,3%

Interação com SDS

A solução de SDS foi a que apresentou maior interação com a superfície, podendo ser observado pelo rápido espalhamento da gota e a maior molhabilidade dentre as três condições (fig. 26).



Fig.26.1. SDS sobre o silício

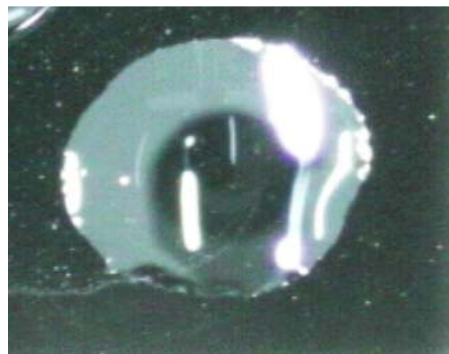


Fig. 26.2. SDS sobre o silício após alguns segundos

As duas medidas foram próximas, com uma diferença menor que 4%, menor ainda que da interação com CTAB, já que nesse caso, a molhabilidade é maior, e mais fácil da medida ser realizada.



Fig.27. Imagem lateral do SDS sobre o silício

Tabela 8. Medidas dos ângulos de contato SDS-Silício

Software Image J	Manual	Diferença percentual
18,5°	17,8°	3,7%

O experimento mostrou que possivelmente as redes cristalinas dificultaram a interação com a água, e também que possui poucos grupos hidroxilas em sua superfície, pois o substrato apresentou comportamento mais hidrofóbico.

A presença de grupos carregados aumentou a molhabilidade na superfície, provavelmente através de interações eletrostáticas.

2.4 OURO

Mineral nobre e precioso utilizado não apenas para ostentação em objetos e joias, mas também na área científica, principalmente para fins medicinais, devido à sua biocompatibilidade, síntese simples e facilidade de modificação química da sua superfície ^(5.7).



Fig.28. Ouro

Interação com a água

A gota de água molhou o metal, mas não se espalhou pela superfície com o passar do tempo (fig. 29).



Fig. 29. Água sobre o ouro

De acordo com os dados da tabela abaixo, a diferença percentual entre as duas medidas foi de 12%. Como já mencionado, as medidas mais próximas são as que a gota possui maior interação com a superfície. Nesse caso, como vemos na figura 30, a molhabilidade não é alta, comprovado pelo ângulo medido.

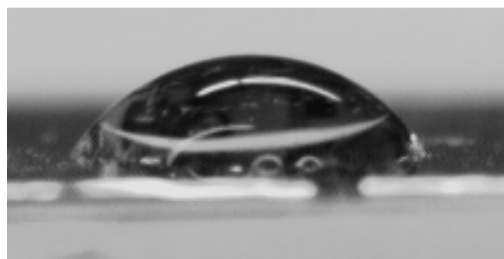


Fig.30. Imagem lateral da água sobre o ouro

Tabela 9. Medidas dos ângulos de contato Água-Ouro

Software Image J	Manual	Diferença percentual
60°	52,8°	12%

Interação com CTAB

A adição de CTAB alterou a molhabilidade da água sobre o metal, como pode ser confirmado pela medida do ângulo de contato.

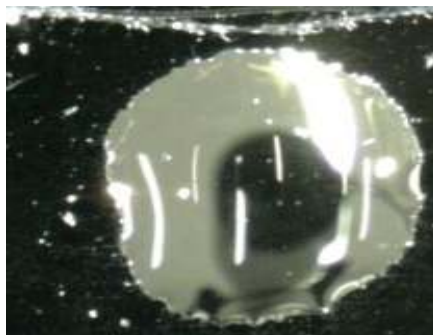


Fig. 31. CTAB sobre o ouro

Assim como no caso anterior, aqui a diferença entre as duas medidas é de quase 12%.



Fig.32. Imagem lateral do CTAB sobre o ouro

Tabela 10. Medidas dos ângulos de contato CTAB-Ouro

Software Image J	Manual	Diferença percentual
44,2°	39°	11,8%

Interação com SDS

Esse surfactante alterou mais ainda o comportamento da água, pois a molhabilidade na superfície foi muito maior, como é possível notar pela medida do ângulo de contato, menor do que nas situações anteriores.



Fig. 33. SDS sobre ouro

Nesse caso apesar a alta molhabilidade, a diferença percentual entre as duas medidas foi grande. Isso pode ser explicado pela diferença na curva entre os lados direito e esquerdo da gota, como podemos verificar na fig.34, o que dificulta na medida do ângulo de contato.



Fig.34. Imagem lateral do SDS sobre o ouro

Tabela 11. Medidas dos ângulos de contato SDS-Ouro

Software Image J	Manual	Diferença percentual
22,5°	17,5°	22,2%

O Ouro apresentou comportamento mais hidrofóbico, pois a água não se espalhou pela superfície.

Dos surfactantes, o que conferiu maior molhabilidade no sólido foi o SDS, devido a interações de van der Waals entre os átomos de enxofre do surfactante e a superfície do ouro, considerando que houve um comportamento semelhante ao de alquil-tióis em ouro.

3. Dificuldades encontradas

A única dificuldade encontrada foi a impossibilidade da apresentação do experimento para os alunos do Ensino Médio.

A turma pretendida a se trabalhar ainda não entrou no conteúdo que envolve tensão superficial, polaridade e interações químicas.

Também existe o problema de tomar as aulas do professor, já que a apresentação teria que ser feita em no mínimo duas aulas, para explicar teoria, demonstrar o experimento e colher resultados dos alunos. Isso equivale a uma semana de aula normal, que já foi bastante prejudicada por feriados, conselho de classe e reunião.

Esse tipo de experimento seria ideal para ser realizado no final do segundo semestre, onde a turma já possui base principalmente de química orgânica.

Apesar disso, a ideia do projeto será encaminhada para o professor para que ele possa utilizar em suas aulas, que serão mais estimulantes para os alunos, já que possuirá uma atividade prática, saindo da rotina de uma aula normal.

4. Pesquisa realizada

Palavras-chave: surfactantes, superfícies hidrofílicas, superfícies hidrofóbicas, molhabilidade, ângulo de contato.

A pesquisa foi feita com base nos conteúdos abordados no experimento, como importância dos surfactantes em nosso uso cotidiano, alteração do comportamento da água na presença de surfactantes, interação desses tensoativos com superfícies, superfícies hidrofílicas e hidrofóbicas, como mica, silício, ouro e teflon, molhabilidade de sólidos e ângulo de contato.

Referências:

5.1. Mariétte Sueli Baggio Brandão: *Substâncias Tensoativas*.

Essa referência explica de maneira simples e de fácil entendimento o que são surfactantes, os fenômenos de sua auto-organização e a importância dessas substâncias em nosso cotidiano direta ou indiretamente.

5.2. Cecília Fabiana da Gama Ferreira: *Adsorção da proteína GlnB de Herbaspirillum seropedicae sobre a superfície da mica analisada por microscopia de força atômica*

Nessa referência a autora utiliza a mica como substrato para proteína, fala das propriedades da mica e a razão desse mineral ser um bom substrato. Ela também faz uso e explica a ação de surfactantes.

5.3. Juliana S. Bernardes, Camila A. Rezende e Fernando Galembeck: *Auto-associação de surfatantes em substratos sólidos e a transição de molhabilidade*

Nesse trabalho, os autores mostraram a molhabilidade da mica com os dois tipos de surfactantes utilizados em nosso projeto.

5.4. Marcos Vinicius Puydinger dos Santos, Luis Orivaldo Bonugli, José Roberto de Castro, Omar Teschke: *Análise do surfactante cetyltrimetilammonium bromide e suas propriedades ópticas*

Esse trabalho também aborda a interação da mica com surfactante, mas somente o CTAB.

5.5. A. P. Luz, S. Ribeiro e V. C. Pandolfell: *Uso da molhabilidade na investigação do comportamento de corrosão de materiais refratários.*

O autor descreve como a molhabilidade de sólidos pode interferir em processos industriais. Também faz uma breve explicação sobre conceitos de molhabilidade e ângulo de contato.

5.6. Janaina Piasson, Christian Wittee, Francine Bertella e Fábio G. Penha: *Flotação argila-quartzo com surfactantes e estudos de pilarização.*

Nesse trabalho o autor aborda a interação de quartzo (SiO_2) com surfactantes aniônicos e catiônicos.

5.7. Raphael Dias Holtz: *Desenvolvimento, caracterização e mecanismos de ação de nanopartículas para uso em terapias químicas (quimioterapia)*.

Esse trabalho serviu de referência, pois o autor utiliza o ouro como substrato e explica a importância da funcionalização do ouro e o papel do surfactante nesse processo.

5.8. Alexandre G. Dal-Bó, Rogério Laus e Edson Minatti: *Autoassociação de misturas dos surfactantes dodecanoato de sódio (SDoD) e decanoato de sódio (SDeC) com o polímero hidrofobicamente modificado etil(hdroxietil) celulose (EHEC)*

Esse artigo foi importante para o entendimento da interação entre surfactantes e polímeros.

5.9. Shriver & Atkins, *Química Inorgânica*, 4ª edição, Bookman

6.0. Atkins, Peter e De Paula, Julio, *Físico-Química vol.2*, 8ª edição, LTC.

6.1. Moore, W. J., *Físico-Química*, 4ª Edição, Vols.1 e 2, Editora Edgard Blücher.

6.1. Diabo-espinhoso: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Diabo-espinhoso>

6.2. Flor de Lótus:

http://lges.igq.unicamp.br/canal_cientifico/lges_news/lges_news_cit/lges_news_2006/lges_news_novidades_744.html

5. Descrição do Trabalho

O projeto consiste em avaliar a interação de surfactantes aniônicos e catiônicos com diferentes superfícies, hidrofóbicas e hidrofílicas, através da molhabilidade e o

ângulo de contato. O experimento nos permite verificar como a adição de surfactante modifica o comportamento da água sobre cada substrato.

Tensão Superficial

As moléculas de água no interior do líquido são atraídas umas pelas outras, e a resultante das forças atrativas é nula porque as demais moléculas estão igualmente distribuídas em todas as direções. Como as que na superfície do líquido sofrem atração apenas pela lateral e inferior, a força resultante cria uma tensão na superfície, fazendo-a se comportar como uma película.

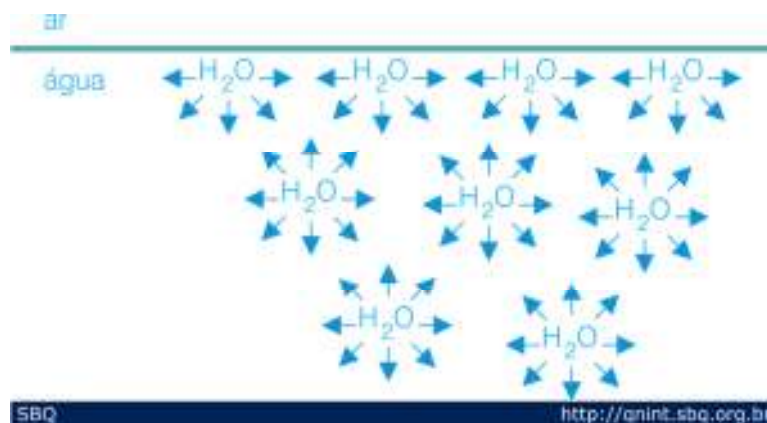


Fig.35. Demonstração das forças atrativas sobre as moléculas de água

Surfactantes

Os surfactantes são moléculas anfifílicas, ou seja, possuem uma porção hidrofílica polar, que pode ser iônica ou não-iônica, conhecida como “cabeça polar” ligada a uma cadeia hidrocarbônica apolar, conhecida como “cauda apolar”.

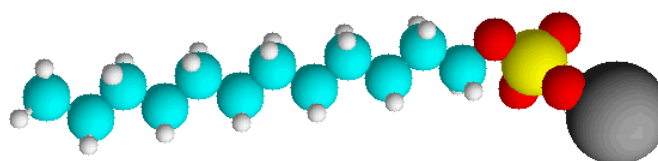


Fig.36. Exemplo de uma molécula anfifílica.

Essas substâncias são capazes de diminuir a tensão superficial da água.

Os surfactantes ao serem adicionados à água são capazes de diminuir essa tensão superficial por reduzir as forças de coesão entre as moléculas do líquido. Essas substâncias se organizam na superfície de modo que a cabeça polar fique em contato com a água e a cauda apolar para fora.

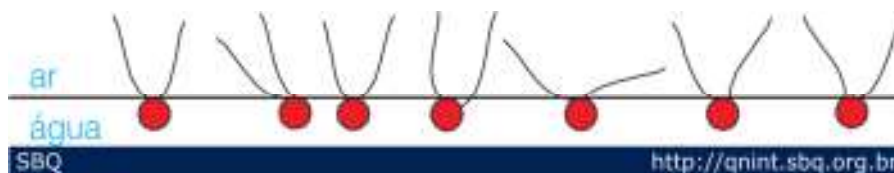


Fig.37. Demonstração das moléculas de surfactantes na superfície da água.

No interior do líquido, as moléculas se organizam formando bicamadas e micelas, devido às interações hidrofóbicas das caudas apolares, e a porção polar que interage com a água.

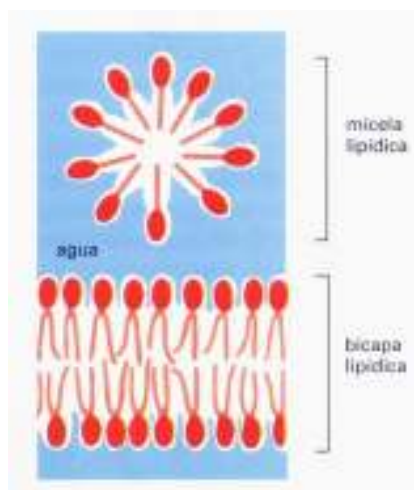


Fig.38. Organização das moléculas de surfactantes no interior da água.

Os surfactantes são muito utilizados nos processos industriais e fundamentais na composição de muitos produtos que usamos em nosso dia-a-dia, como os produtos de limpeza (detergentes, sabões, amaciantes de roupa, etc) e de higiene pessoal (shampoo, sabonetes, pastas de dente, etc). Além da sua presença em muitos sistemas biológicos, como os lipídios, que formam as membranas celulares.

Eles também são ingredientes importantes em diversos tipos de formulação (suspensão, emulsões, etc), pois interferem nas propriedades físico-químicas de

armazenamento e aplicação de produtos como molhabilidade, suspensão, etc. Também interferem em propriedades biológicas, como por exemplo, em associação a uma membrana pode fazer com que o organismo apresente maior molhabilidade em água. ^(5.1)

Os tensoativos podem ser utilizados como agentes passivantes para estabilizar superfícies carregadas através da repulsão entre as partículas por serem carregados (tensoativos iônicos). ^(5.7)

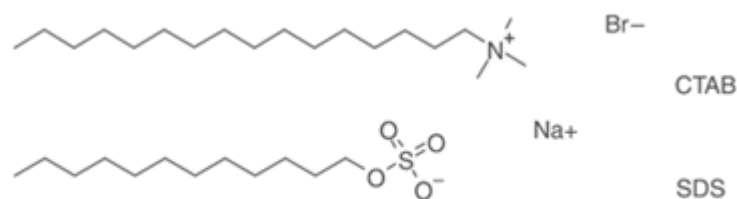


Fig.39. Estrutura do SDS e do CTAB

Compreender a natureza dos materiais, suas propriedades e compatibilidades é essencial para utilizá-los em diversos fins. Os surfactantes também têm papel fundamental na funcionalização de superfícies, e assim conferir novas características aos materiais, permitindo que estes passem a ser úteis em processos industriais, medicina, etc.

Interação líquido-superfície na natureza

A interação de líquidos com superfícies é importante inclusive na natureza por questão de sobrevivência.

O diabo espinhoso, um pequeno réptil existente na Austrália, condensa a umidade existente na noite fria nas escamas e canaliza-a até à boca, através de sulcos hidrocópicos existentes por entre os espinhos. O mesmo acontece em dias de chuva ou se ele encontrar uma poça.



Fig.40. Diabo-espinhoso

A flor de lótus, uma planta aquática de folhas largas flutuantes, também se beneficia das características de sua superfície.



Fig.41. Flor de Lótus

A superfície de suas folhas é hidrofóbica, assim as gotas de água rolam por ela. Em virtude do que tem sido chamado de "efeito lótus", a superfície das folhas se limpa por si mesma, ou seja, automaticamente, porque as gotas, em sua passagem, carregam a sujeira e bactérias.



Fig.42. Gota d'água carregando a sujeira da folha

Molhabilidade e Ângulo de Contato

A molhabilidade é a tendência de um determinado fluido se espalhar ou se aderir sobre uma superfície sólida, resultado das interações moleculares existentes

entre ambos. Ela pode ser definida termodinamicamente em termos de ângulo de contato.

O ângulo entre a gota de um líquido com uma tensão superficial conhecida e uma superfície sólida depende da relação entre as forças adesivas, que fariam a gota se espalhar pela superfície, e as gotas coesivas do líquido, que tendem a contrair a gota a uma esfera de superfície mínima.

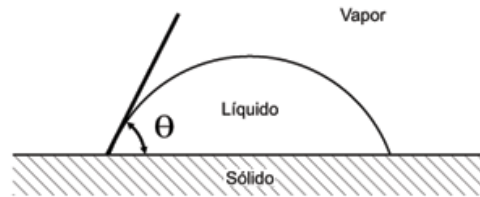


Fig.43. Ângulo de contato de uma gota sobre uma superfície

No equilíbrio, relação entre a tensão interfacial (γ) nas 3 fases, sólida, líquida e gasosa, é dada pela Equação de Young:

$$\cos\theta = (\gamma_{s-v} - \gamma_{s-l}) / \gamma_{l-v}$$

- Se $\theta = 180^\circ$, $\omega_{s-l} = 0$
Ou seja, o trabalho de adesão é nulo se o líquido não molhar o sólido.
- Se $\theta = 0^\circ$, $\omega_{s-l} = 2\gamma_l = \omega_l$
Ou seja, se o líquido molhar completamente o sólido o trabalho de adesão líquido-sólido é igual ao trabalho de coesão do líquido.
- Se $0^\circ < \theta < 90^\circ$
Ou seja, a tensão interfacial entre o sólido e o vapor é maior que a tensão entre o sólido e o líquido e, portanto, o líquido molha a superfície.
- Se $90^\circ < \theta < 180^\circ$
Ou seja, a tensão interfacial entre o sólido e o vapor é menor que a tensão entre o sólido e o líquido, e considera-se que o líquido não molha o sólido.

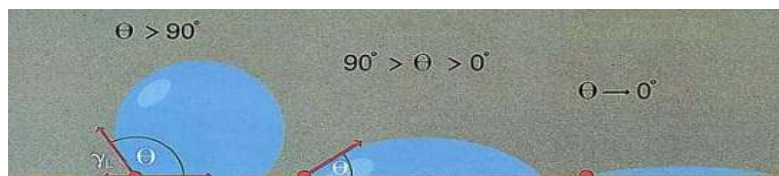


Fig.44. Medidas de ângulo de contato

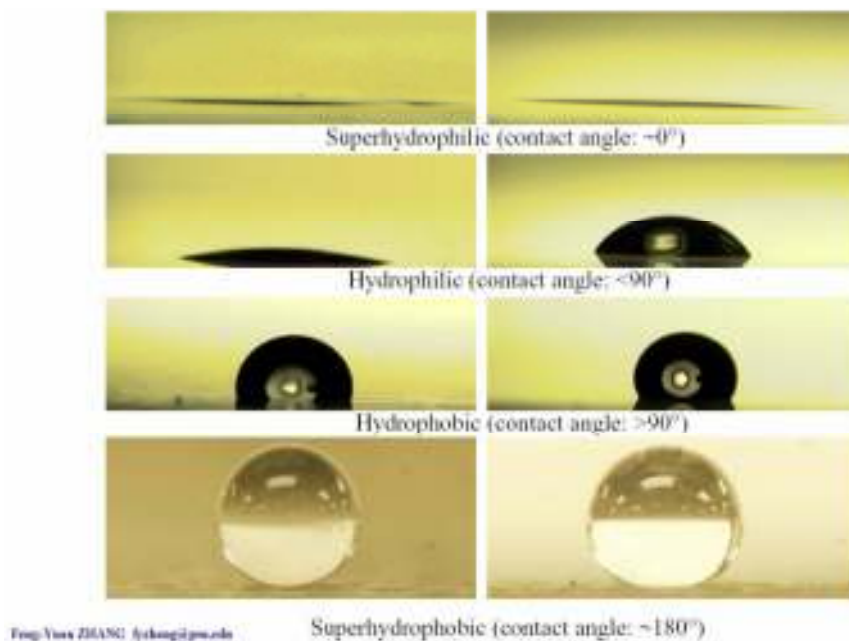


Fig.45. Molhabilidade de diferentes líquidos em superfície.

6. Conclusão

O projeto permitiu a abordagem de conceitos presentes no conteúdo do Ensino Médio, que necessita muito de aulas práticas e contextualizadas, para que os alunos sintam-se atraídos e motivados a aprender, sendo isso hoje, um dos maiores desafios para os professores.

As disciplinas de química e física principalmente, nos dão muitas possibilidades de realizar aulas práticas e com experimentação, nas quais os alunos podem interagir diretamente com o conteúdo da matéria.

Neste trabalho foram utilizados materiais que estão presentes no cotidiano das pessoas, como minerais, metais e polímeros, assim como surfactantes, sendo o detergente o mais conhecido deles. Os experimentos foram realizados com mecanismos sofisticados, de laboratório, e também com

mecanismos simples, de fácil reprodução no ambiente escolar, obtendo resultados similares e confiáveis.

7. Declaração do Orientador

O meu orientador realizou os seguintes comentários:

13 de maio de 2012:

“Achei o trabalho bom. As fotos da gota de água sobre os materiais, ilustram o papel dos tenso-ativos. Se o contraste das fotos melhorasse, o trabalho ficaria ainda melhor.”

11 de junho de 2012:

“Fiz uma correção na linguagem usada sobre a molhabilidade da mica. O ângulo é próximo a zero, nunca zero. O trabalho está muito bom.”

8. Escolha da data da apresentação:

Solicito o dia 13 de junho, quarta-feira, às 15h.

9. ANEXO

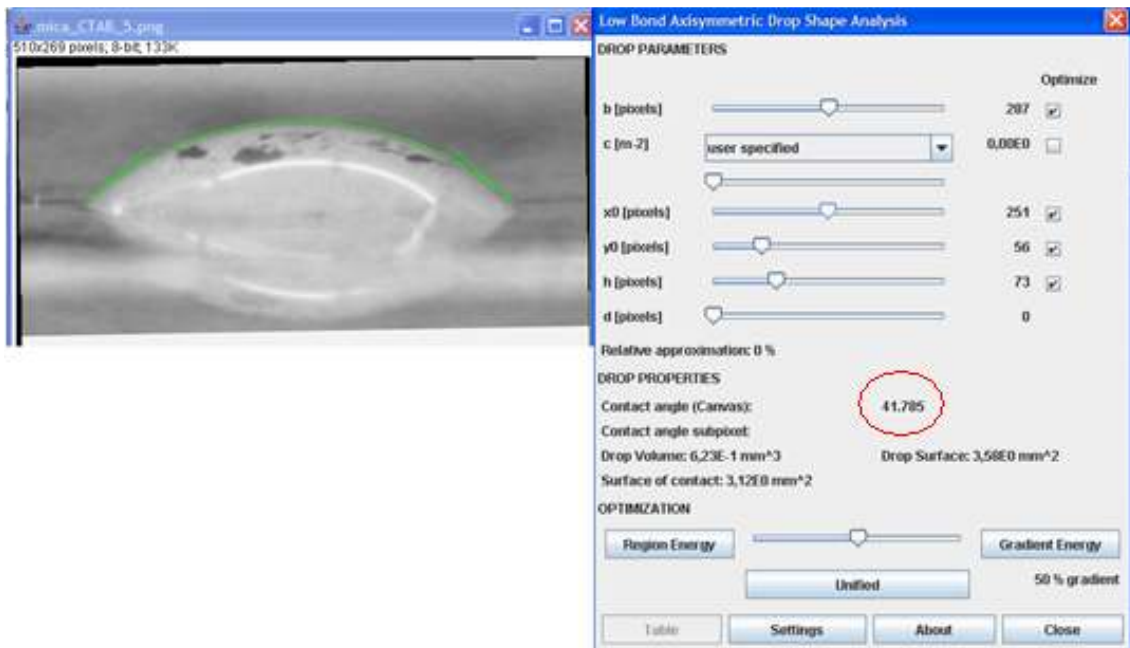


Fig.46. Medida do ângulo de contato Água-CTAB pelo software Image J

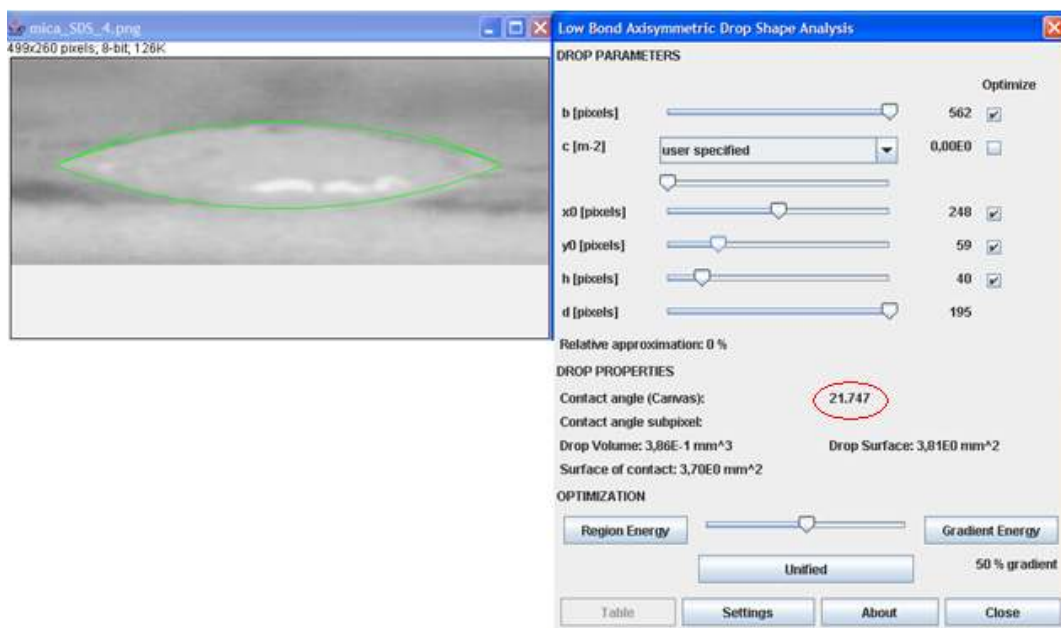


Fig.47. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

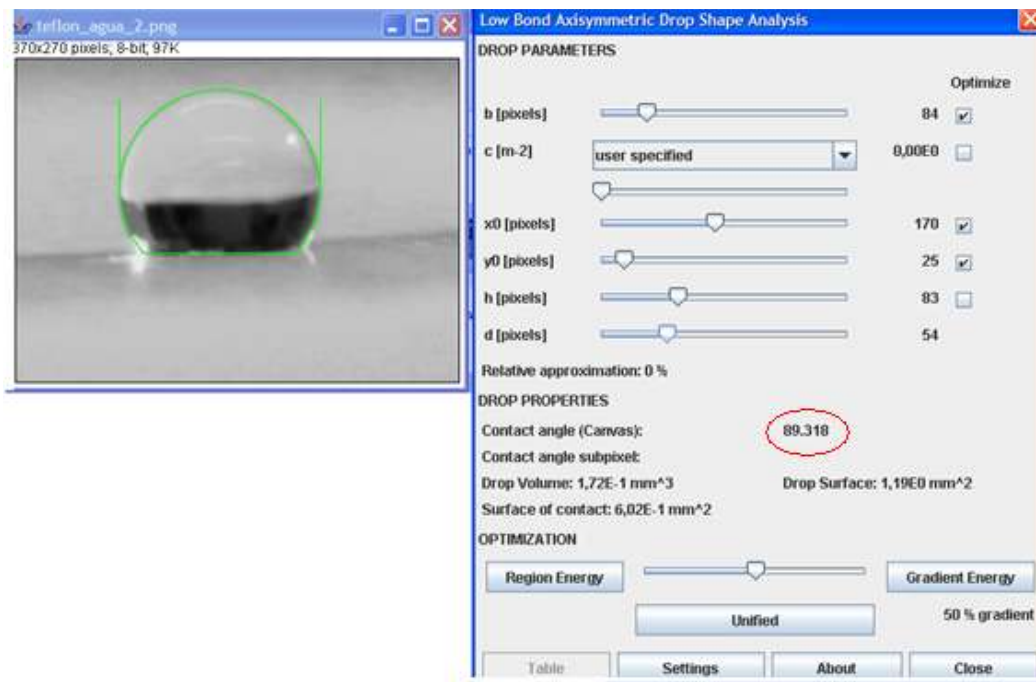


Fig.48. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

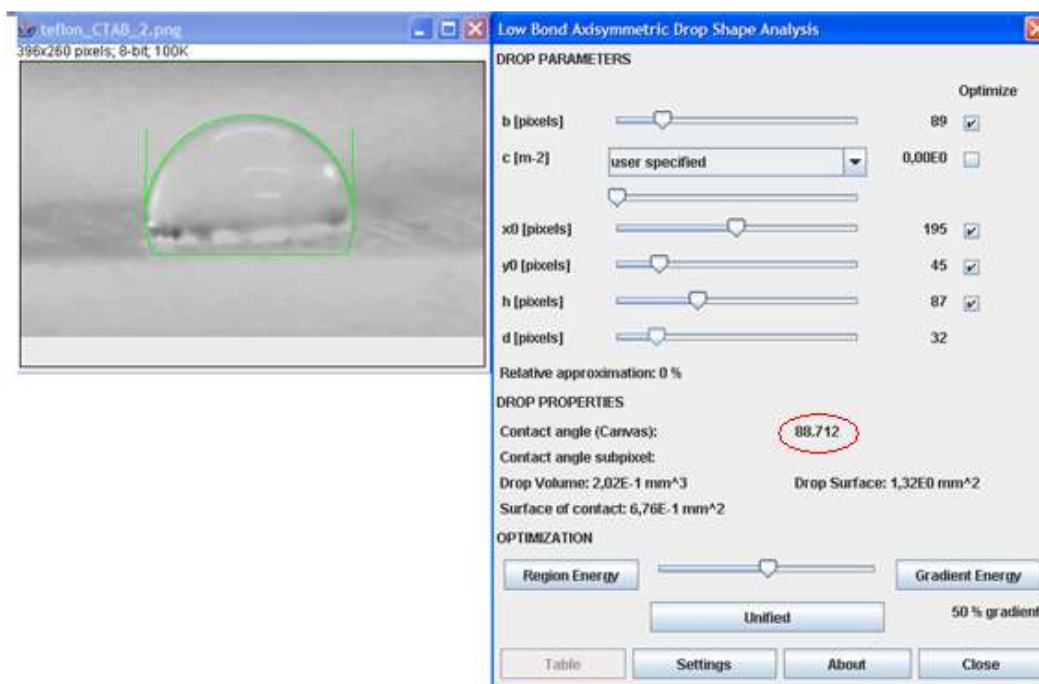


Fig.49. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

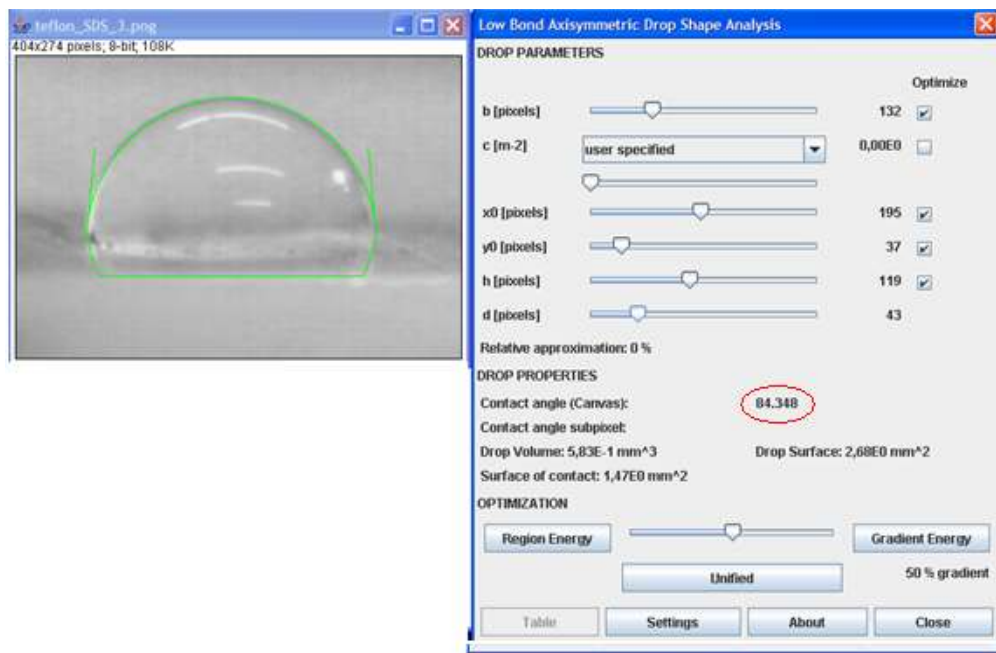


Fig.50. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

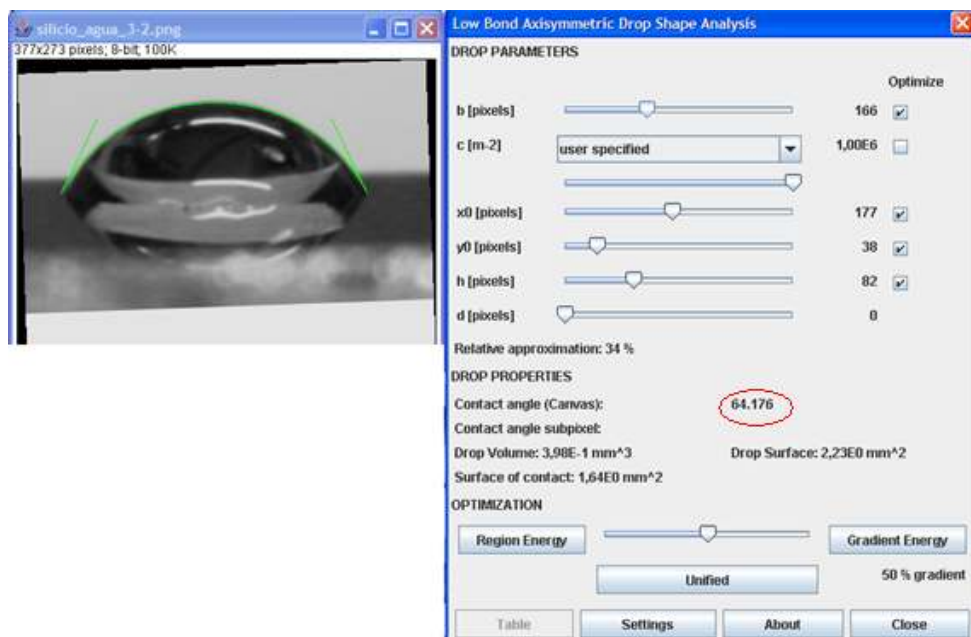


Fig.51. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

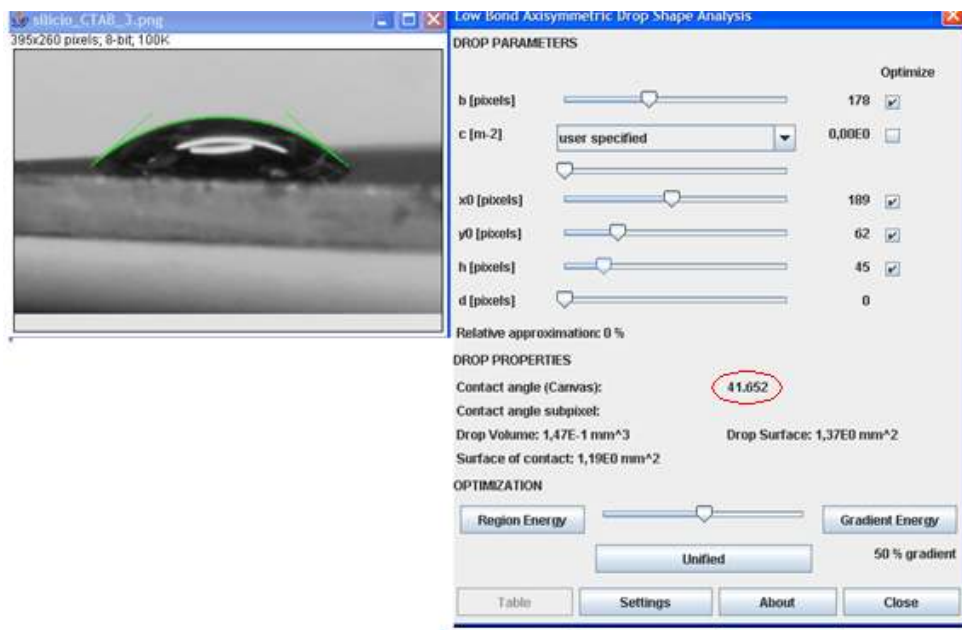


Fig. 52. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

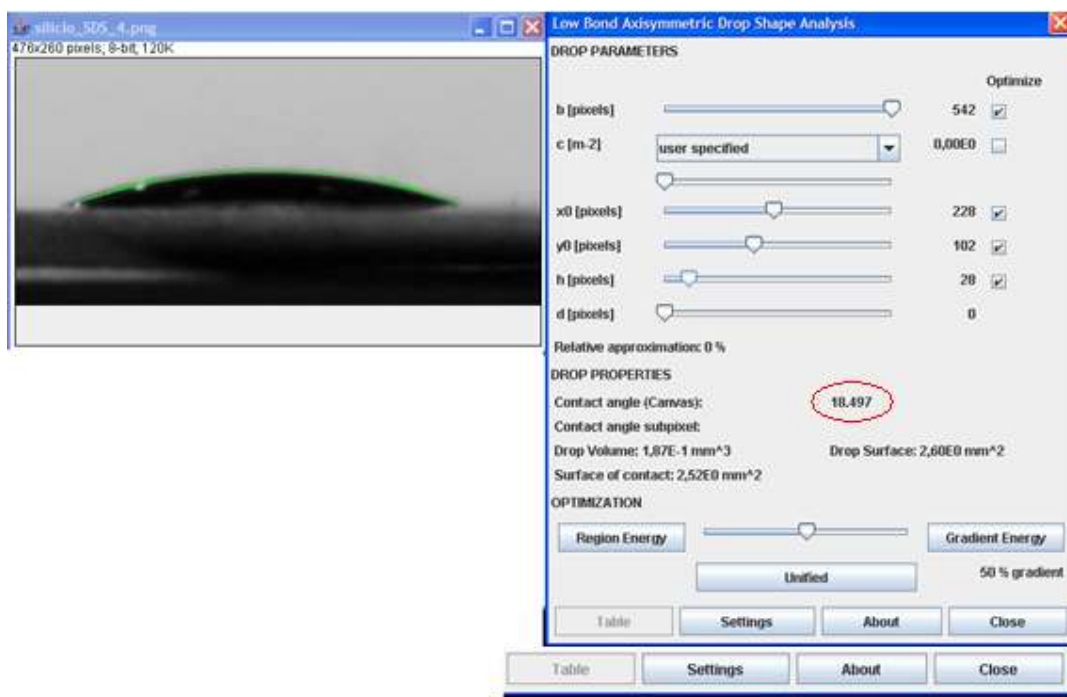


Fig.53. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

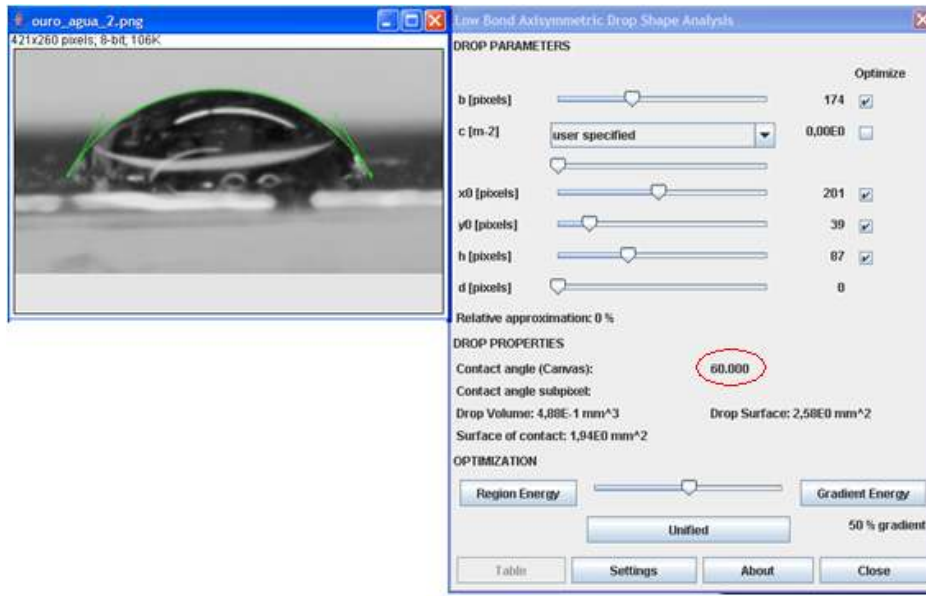


Fig.54. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

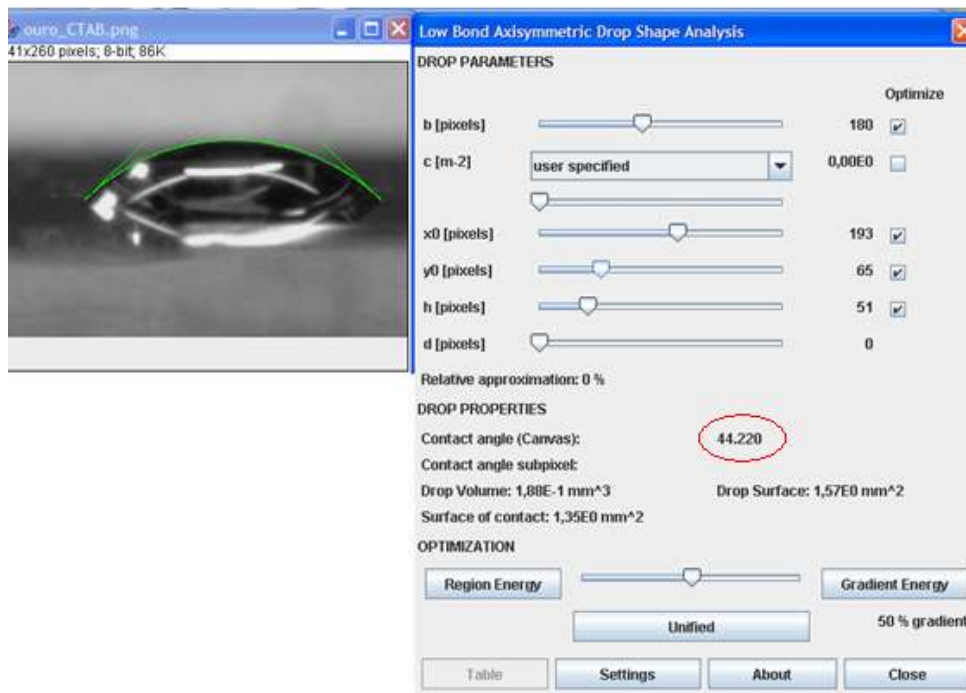


Fig.55. Medida do ângulo de contato pelo software Image J

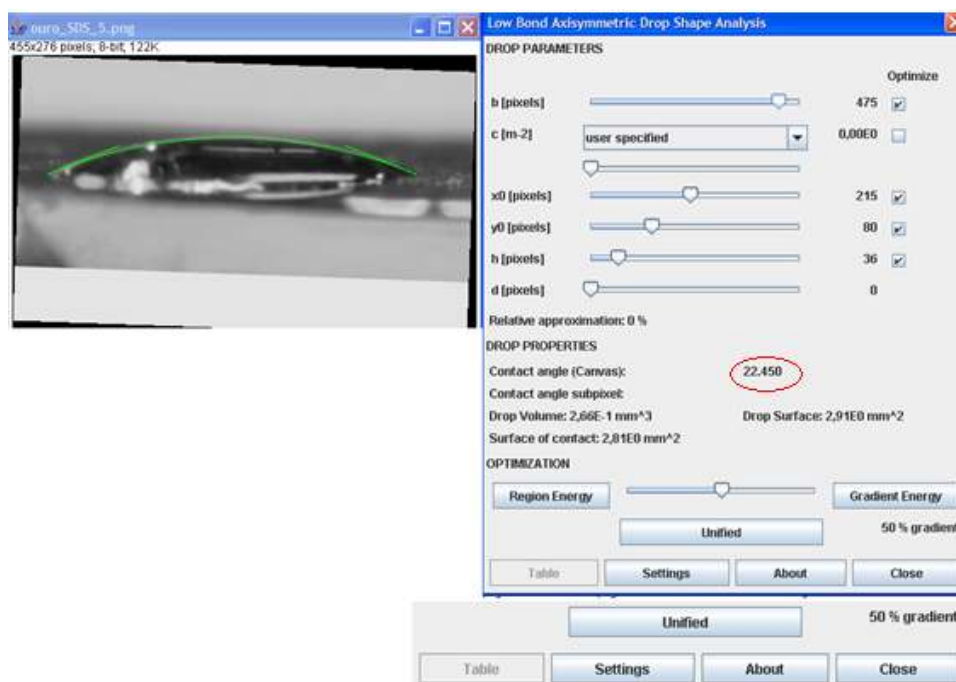


Fig.56. Medida do ângulo de contato pelo programa J

10. APÊNDICES

Diabo-espinhoso

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

O **diabo espinhoso** (*Moloch horridus*) é a única espécie do género *Moloch*. É um pequeno réptil existente na [Austrália](#) cuja dieta consiste somente em formigas.

Características

Apesar do seu nome, o diabo espinhoso não ultrapassa os 20 cm de comprimento. As fêmeas são maiores que os machos. A sua coloração, que eles próprios controlam, tal como o [camaleão](#), varia entre o amarelo e o castanho-escuro, conforme o tipo de solo e serve-lhe de camuflagem. Possui uma "falsa cabeça" atrás da verdadeira que utiliza para confundir os predadores. Possui espinhos cónicos por todo o corpo excepto na barriga onde são substituídos por protuberâncias.

Predador e presa

O diabo espinhoso só tem formigas como único alimento, especialmente as do género [Iridomyrmex](#). Só come uma formiga de cada vez, que captura com a sua [língua](#) pegajosa, mas pode comê-las a um ritmo de 45 por minuto. Podem comer entre 600 a 3000 só numa refeição e mais de 10 000 por dia.

Para beber o diabo espinhoso condensa o humidade existente na noite fria nas escamas e canaliza-a até à boca através de sulcos [hidroscópicos](#) existentes por entre os espinhos. O mesmo acontece em dias de chuva ou se ele encontrar uma poça.

Embora tenha o corpo coberto de espinhos cónicos, a sua extrema lentidão torna-o uma presa fácil. Os seus predadores são a [abetarda](#), que efectua descidas rápidas sobre ele que o atordoam até o matar, e o [varano](#). No entanto o diabo espinhoso tem algumas técnicas de defesa como enfiar a cabeça entre as patas dianteiras e mostrar a falsa cabeça que os predadores tomam por verdadeira. Se os predadores o tentarem rolar para expor a sua barriga, a zona mais desprotegida do seu corpo, o diabo contra-ataca fazendo pressão com os espinhos e com a cauda. Para assustar os predadores pode também inchar para dar a impressão de ser maior.



Vista da barriga de um diabo espinhoso

Habitat

Habita principalmente terrenos de vegetação rasteira e desertos na Austrália Ocidental e Central onde se encontra a [spinifex](#).



Acasalamento e Reprodução

O acasalamento e a postura dos ovos ocorre entre Setembro e Janeiro. São postos de 3 a 10 ovos que eclodem 3 a 4 meses depois. O diabo espinhoso atinge a maturidade aos 3 anos e crê-se que vive 20 anos em estado selvagem.

Curiosidades

O diabo espinhoso é aparentado com o [lagarto de chifres](#) da [América do Norte](#) do género *Phrynosoma*, sendo este um exemplo da [evolução convergente](#).

Folha do lótus : "inspiração" para a micro- e nanotecnologia.

Quem já não viu ou ouviu falar do lótus, planta sagrada do antigo Egito, que outrora desempenhou um papel considerável na ornamentação de monumentos desse país? Trata-se de uma planta aquática, de folhas largas flutuantes e de um verde brilhante e flores brancas (ou rosadas, dependendo da espécie).

Pois bem, essa planta - que deleita os olhos e faz parte do imaginário de muitos -, tem folhas com características hidrofóbicas que, agora, vêm servindo de inspiração para a criação de pinturas, telhados, vidros e mesmo têxteis autolimpantes (que se limpam automaticamente) que têm, recentemente, surgido no mercado.



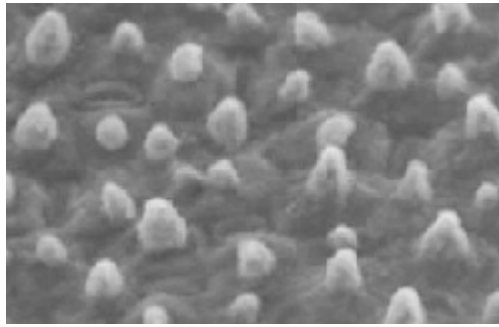
Flor de Lótus.

Créditos: Steven Pinker's Photos.

Na superfície das folhas de lótus, altamente hidrofóbica, as gotas de água rolam como bolinhas. Assim, em virtude do que tem sido chamado de "efeito lótus", a superfície das folhas se limpa por si mesma, ou seja, automaticamente, porque as gotas, em sua passagem, carregam a sujeira e bactérias.

Uma equipe de pesquisadores do laboratório da General Motors, em Michigan (EUA), dedicou-se a um estudo metódico da folha de lótus, a fim de esclarecer o fenômeno. Concluiu que a folha de lótus deve suas propriedades hidrofóbicas a uma estrutura em dois níveis: rugosidades de tamanhos micrométricos e um tapete de pelos nanométricos, além de uma composição química da superfície que se aproxima muito da cera, conforme informou o Professor Hayden.

É claro que a natureza não dotou a folha de lótus com tais características meramente por acaso: cada estrutura desempenha seu papel no efeito hidrofóbico. Por exemplo, o ângulo de contato de uma gota de água sobre uma folha de lótus é 142° (uma superfície é considerada hidrofóbica quando esse ângulo ultrapassa 90°), o que significa que a superfície de contato é bastante pequena.



Micrografia mostrando a estrutura de uma folha de Lótus.

Créditos: The American Society of Mechanical Engineers.

A equipe observou que uma almofada de ar aprisionada sob a gota no interior das rugosidades auxilia ainda mais na minimização do contato. Quando o tapete de pelos é fundido por aquecimento a 150°C e que não resta senão as rugosidades micrométricas, esse ângulo não é mais que 126° quando a folha de lótus é livre de todas as rugosidades possui um ângulo de contato de 74°.

Valendo-se de técnicas de espectroscopia infravermelho e de análise termogravimétrica, a equipe certificou-se de que, abaixo de 200 graus Celsius, a composição química da superfície permanecia intacta.

Para a realização das experiências os cientistas utilizaram uma folha de lótus desidratada, cujas propriedades são bastante próximas da folha hidratada.

Nanotechnology, February 02, 2006 (Tradução/Texto - MIA).

Nota do Managing Editor: *as ilustrações, aqui apresentadas, não fazem parte do texto original e foram obtidas em www.google.com.br.*