

## Aplicação MEV Ambiental no estudo de afinidade/repelência à água na superfície de *Salvinia auriculata*

Ana Paula Souza Silva<sup>1</sup>, Ivan Bergier<sup>2</sup>

**Resumo:** *Salvinia auriculata* é uma planta aquática, pilosa, abundante no Pantanal brasileiro. Este estudo teve por objetivo avaliar suas capacidades hidrofílicas e superhidrofóbicas em microscopia eletrônica de varredura (MEV) no modo ambiental. Amostras da planta foram submetidas a uma dinâmica de pressão em baixo vácuo e baixas temperaturas. Com isso foi possível estudar a hidrofiliicidade na porção terminal dos tricomas e a superhidrofobicidade responsável pela repelência da água, retenção de ar e pela capacidade autolimpante. Essas habilidades são importantes descobertas do Biomimetismo, e suas aplicabilidades se estendem de roupas de banho impermeáveis, tintas, vidros de veículos e placas solares autolimpantes, a redução da fricção de arrasto de transporte de fluidos e navios.

**Palavras-chave:** Biomimetismo, biofísica, superfície superhidrofóbica, superfície autolimpante.

### ESEM application in the study of water affinity and repellence in *Salvinia auriculata*

**Abstract :** *Salvinia auriculata* is an aquatic plant, hairy, abundant in the Brazilian Pantanal. This study aimed to assess their hydrophilic and superhydrophobic capacities by scanning electron microscopy in environmental mode. Samples of plant were subjected to dynamic pressure in low vacuum and low temperatures. By this approach it was possible to study the hydrophilicity in the terminal portion of the trichomes and the superhydrophobicity, which are responsible for water-repellency, air-retention and self-cleaning capacities. These capacities are important discoveries of the Biomimetics, and their applicability extend from waterproof swimsuits, paints, and self-cleaning glass vehicle and solar panels, to the reduction of transport drag friction of fluids and ships.

**Keywords:** Biomimetics, biophysics, superhydrophobic surface, self-cleaning surfaces.

### Introdução

A *Salvinia auriculata*, conhecida popularmente como orelha-de-onça, é uma planta aquática, flutuante livre, com folhas ovaladas repletas de tricomas (ou pêlos). Nativa de regiões tropicais da América Central e do Sul é encontrada em abundância no Pantanal brasileiro. É uma das primeiras espécies na sucessão vegetal de corpos d'água após a intervenção humana, como a formação de represas. De acordo com Castro et al, (2010), de todas as espécies registradas em oito ilhas flutuantes (camalotes) no rio Paraguai somente duas estiveram presentes em todas amostragens, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*. A superfície de suas folhas apresenta capacidade superhidrofóbica; gotas de água em sua superfície formam um ângulo de contato maior que 150°. O interesse por esse tipo de superfície teve início na década de 70, quando o biólogo Wilhelm Barthlott estudou a flor-de-Lótus (*Nelumbo nucifera*) e observou que esta apresentava propriedade autolimpante. O comportamento conhecido como "Efeito Lótus" resulta de dois níveis estruturais (Rodak, 2005). O primeiro deles origina-se de uma camada cerosa na superfície das folhas. O segundo, identificado por microscopia eletrônica de varredura (MEV), origina-se de saliências em escala nanométrica equivalentes a pêlos. A rugosidade entre duas saliências aprisiona o ar sob as gotas de água sobre a folha, e esta interface folha-ar é responsável pelo elevado ângulo de contato e o comportamento de rolamento de gotas esféricas de água sobre a folha de lótus. Ao rolar, as gotas removem partículas e tornam a superfície autolimpante.

Cerman et al. (2009) mostram que as folhas com tricomas cerosos são extremamente repelentes à água, como, por exemplo, as folhas de *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*. O fator crucial na superhidrofobicidade nas folhas de *Salvinia* é dado pelos tricomas de 0,2 a 1 mm de altura, aos quais se sobrepõem uma camada de pequenos cristais de cera hidrofóbica. A combinação de tricomas e cera fazem a superfície da folha de plantas do gênero *Salvinia* sp. super-hidrofóbica, conferindo flutuabilidade por meio de uma película de ar ao submergir. Tal propriedade faz dela um modelo vivo bem sucedido para aplicações biomiméticas (mimetizar estruturas biológicas para inovação em novos produtos e processos). A influência dessa capacidade super-hidrofóbica não se limita apenas ao caráter

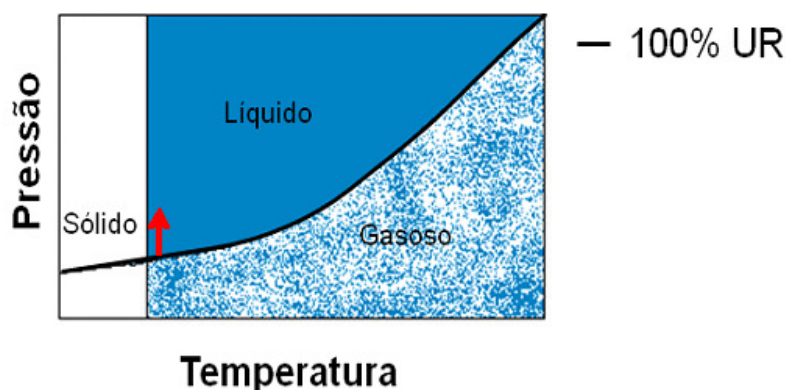
<sup>1</sup> Bolsista CNPq na Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS (ana.souza@colaborador.embrapa.br)

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS (ivan.bergier@embrapa.br)

autolimpante, embora esse tenha se tornado o principal alvo de interesse em aplicações biomiméticas e de engenharia sustentável, devido a sua vasta aplicabilidade. A camada na superfície de retenção de ar na *Salvinia auriculata* é de grande interesse tecnológico, econômico e ecológico, pois se trata de uma solução que pode, por exemplo, reduzir a fricção no transporte de fluidos, e reduzir o efeito de arrasto no revestimento de grandes e pequenos navios. A combinação única de trechos hidrofílicos na superfície super-hidrofóbica, ou “Efeito Salvinia”, fornece um novo conceito para o desenvolvimento de revestimentos com propriedades autolimpantes e de retenção de ar (BARTHLOTT et al., 2010). O presente trabalho objetiva estudar em microscopia eletrônica de varredura no modo ambiental as propriedades hidrofílicas e hidrofóbicas de *Salvinia auriculata*.

### Material e Métodos

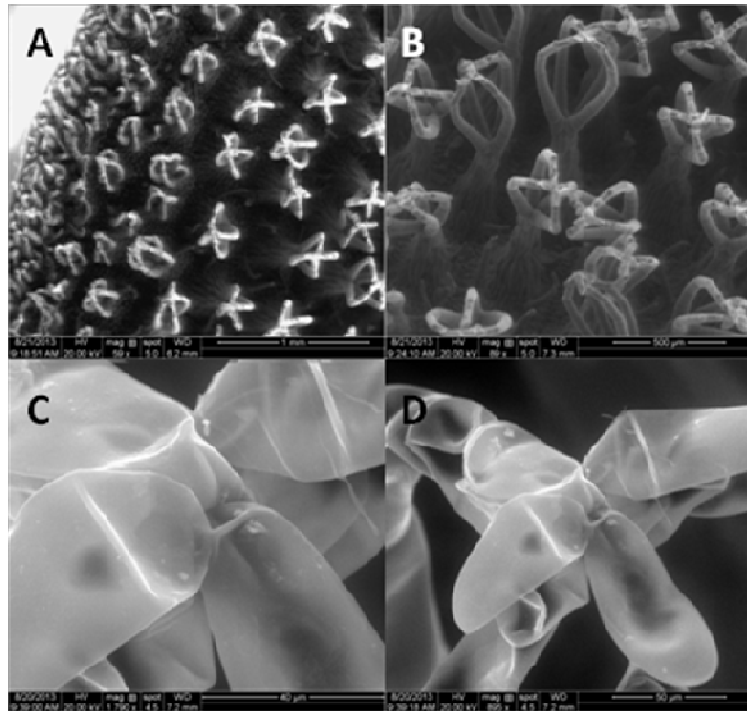
O estudo foi realizado no Laboratório de Conversão de Biomassa da Embrapa Pantanal. A amostra foi coletada na área de ensino de plantas aquáticas da Embrapa Pantanal. Após a coleta, uma amostra foi submetida à microscopia eletrônica de varredura no modo ambiental em vapor d'água com um estágio frio (QUANTA FEI 250). Para a obtenção de imagens foram utilizados dois tipos de detectores, o *Large Field Detector* (LFD) e o *Gaseous Secondary Electron Detector* (GSED). Com o GSED, para a dinâmica de pressão, o estágio foi resfriado a 1,5 °C. A pressão foi ajustada para 750 Pascal. Depois de estabelecidos esses parâmetros, fechou-se o microscópio e iniciou-se o baixo vácuo no modo ambiental. Quando a pressão atingiu 750 Pascal, a amostra foi submetida a um feixe de elétrons de 20 kV. A amostra foi então submetida à dinâmica de pressão a temperatura constante de 1.5 °C. A pressão foi variada de 750 a 1000 Pascal, e com o aumento da pressão de vapor, microgotículas de água surgiram por condensação, conforme diagrama na Fig. 1. No uso do LFD, para imageamento dos tricomas, o procedimento foi análogo, porém a temperatura foi ajustada a -20 °C para congelar as estruturas e a pressão foi mantida constante a 750 Pascal.



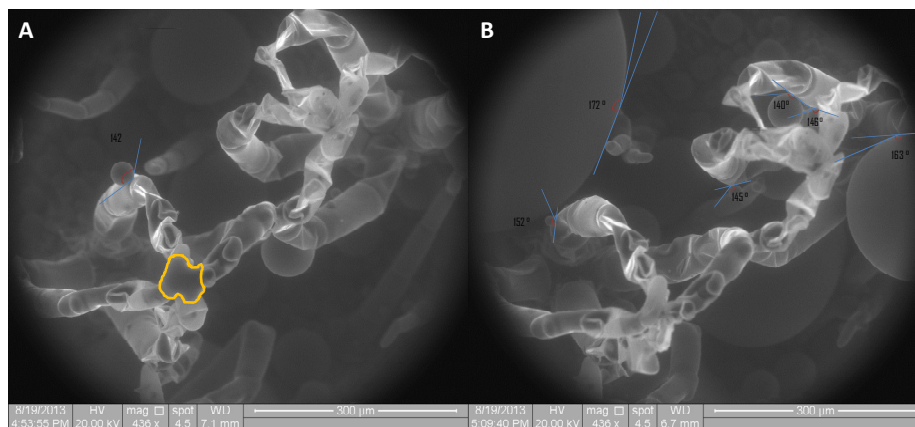
**Figura 1.** Diagrama da dinâmica de pressão de vapor com a temperatura. A amostra a 1.5 °C foi submetida a um aumento da pressão de vapor de 750 a 1000 Pascal (seta em vermelho). A curva representa o equilíbrio de umidade relativa (UR) a 100%.

### Resultados e Discussão

Como mencionado por Steigleder (2010), em baixa temperatura a estrutura da planta é mantida em seu formato original. Nas folhas adultas, as terminações celulares de cada quatro tricomas são colapsadas formando um grupo de quatro células mortas, Sua estrutura final assemelha-se a batedores de ovos (Fig. 2). Durante a dinâmica de pressão foi possível avaliar a dupla aptidão da superfície foliar da planta devido ao conjunto de tricomas e presença e ausência de cristais de cera. A capacidade hidrofílica foi identificada nas terminações celulares dos tricomas (Fig. 3A). Essas terminações não apresentam cristais de cera e por isso geram uma forte ligação com a água, apresentando um ângulo de contato entre a superfície e a água menor que 90°, como mencionado por Barthlott et al. (2010). Com exceção da terminação de quatro células mortas, a folha inteira é recoberta por cristais cerosos (não mostrados). A conformação estrutural estabelecida proporciona a retenção de uma camada de ar entre folha e gotas d'água, que não escapa com facilidade ao submergir. A planta pode manter-se seca por 4 a 5 dias mesmo submersa (CERMAN et al., 2009). De acordo com Koch et al. (2008), superfícies superhidrofóbicas apresentam ângulo de contato estático igual ou superior a 150°. A média dos ângulos obtidos em esferas de água na Fig. 3A e 3B é  $\sim 151^\circ \pm 12^\circ$ .



**Figura 2.** A e B) Imagens obtidas em MEV ambiental (LFD). C e D) Detalhe da porção terminal de um tricoma (GSED).



**Figura 3.** A) A gota de água amorfa (linha em amarelo) na porção terminal do tricoma evidencia a hidrofília dessa superfície. A e B) Medição do ângulo de contato de gotas esféricas repelidas pela superfície superhidrofóbica.

### Conclusão

A microscopia eletrônica de varredura ambiental permite estudar fenômenos biofísicos, como o Efeito Salvinia, e pode auxiliar na identificação de novos fenômenos biofísicos de interesse aplicado para outras espécies da biodiversidade do Pantanal.



### Agradecimentos

Esta pesquisa teve apoio do Projeto MCTI/CNPq/Repensa, Processo no. 562441/2010-7.

### Referências

BARTHLOTT, W.; SHIMMEL, T.; WIERSCH, S.; KOCH, K.; BREDE, M.; BARCZEWSKI, M.; WALHEIM, S.; WEIS, A.; KALTENMAIER, A.; LEDER, A.; BOHN, H. F. The Salvinia paradox: superhydrophobic surfaces with hydrophilic pins for air retention water. **Advanced Materials**, vol. 22, p. 2325-2328, 2010.

CASTRO, W. J. P.; VIANNA, E. F.; SALIS, S.M.; GALVANI, F.; LIMA, I.B.T. **Composição florística e fauna associada das ilhas flutuantes livres, Rio Paraguai, Corumbá, MS**. Corumba: Embrapa Pantanal, 2010. 4p.

CERMAN, Z.; STRIFFER, B. F.; BARTHLOTT, W. **Dry in the water: the superhydrophobic water fern Salvinia – a model for biomimetic surfaces**, in: Functional Surfaces in Biology, ed. S. N. Gorb, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.

CHENG Y.T.; RODAK, D.E. Is the lotus leaf superhydrophobic? **Applied Physics Letters**, vol. 86, 144101. DOI:10.1063/1.1895487.

Koch, K; Bhushanb, B.; Barthlott, W. Diversity of structure, morphology and wetting of plant surface. **Soft Matter**, vol. 4, p.1943-1963, 2008.

STEIGLEDER, A. P. **Estudo morfológico da planta *Salvinia molesta*: uma contribuição para a biônica e o design de produto**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre.