

EFEITO DE ADJUVANTES EM SOLUÇÕES COM FUNGICIDA NA TENSÃO SUPERFICIAL E NA ÁREA DE MOLHAMENTO DE GOTAS DEPOSITADAS NAS FACES FOLIARES DA SOJA

Neumárcio Vilanova Da Costa^{1*}; Luan Fernando Ormond Sobreira Rodrigues²; Paulo Evandro Jandrey³; Gabriel Matheus Fachin⁴; Cláudio Alexandre Da Silva Glier⁵; Lorena Maia Noreto⁶

SAP 21-PV Data envio: 01/10/2012 Data do aceite: 22/02/2014
Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471
Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. suplemento, dez, p. 320-325, 2015

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito de concentrações de adjuvante não iônico e óleo mineral em calda com fungicida, na tensão superficial e área de molhamento de gotas depositadas nas faces de folhas de soja. Foram conduzidos dois experimentos instalados sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6x2, com sete repetições. Para o primeiro experimento utilizou-se como adjuvante não iônico Energic[®] e, para o segundo, o óleo mineral Joint Oil[®]. Para os dois casos o primeiro fator refere-se às concentrações dos surfactantes (0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e; 0,25% v v⁻¹ de Energic[®] e; 0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25% v v⁻¹ de Joint Oil[®]), e o segundo fator à calda com e sem utilização de fungicida Piori Xtra[®] (0,18% v v⁻¹). Para a determinação da área de molhamento foram depositadas gotas (15 µL) nas faces adaxial e abaxial das folhas de soja cv. BMX Força RR. Concluiu-se que as menores tensões superficiais das soluções com o fungicida foram obtidas nas concentrações a partir de 0,1% e 0,5% do adjuvante não iônico e do óleo mineral, respectivamente. Enquanto que, as concentrações de 0,2% e 0,75% do adjuvante não iônico e do óleo mineral, respectivamente, proporcionaram as maiores áreas de molhamento nas faces foliares de soja.

Palavras-chave: surfactantes, tecnologia de aplicação, *Glycine max*.

Effect of adjuvants in solutions with fungicide on the surface tension and wetting area of droplets deposited on the leaf surface of the soybean

ABSTRACT - The aim of this study was to investigate the effect of concentrations of nonionic adjuvant and mineral oil in the spray volume of fungicide, in superficial tension and wetting area of drops deposited on soybean leaves. Two experiments were performed under completely randomized 6x2 factorial design, with seven replicates. For the first experiment Energic[®] was used as the nonionic adjuvant, and for the second one, mineral oil Joint Oil[®]. For both cases, the primary factor concerns the concentrations of the surfactant (0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 and, 0.25% (v v⁻¹) of Energic[®]; 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25% (v v⁻¹) of Joint Oil[®]), and the second factor, the spray volume with and without use of fungicide. We deposited drops (15 µL) on the adaxial and abaxial surface leaves of soybean cv. BMX Força RR. It was concluded that the lower surface tension of spray volume of fungicide were obtained in concentrations up 0.1% and 0.5% to nonionic adjuvant and mineral oil, respectively. The concentrations of 0.2% and 0.75% of nonionic adjuvant and mineral oil, respectively, resulted in larger areas of wetting on soybean surface leaves.

Key words: surfactants, application technology, *Glycine max*.

¹Eng. Agrônomo, Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias – Unioeste. E-mail: neumarcio.costa@unioeste.br. *Autor para correspondência

²Eng. Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste. E-mail: luanf_rodrigues@hotmail.com

³Eng. Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste. E-mail: jandreyjp@hotmail.com

⁴Eng. Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste. E-mail: gabrielm_fachin@hotmail.com

⁵Eng. Agrônomo, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste. E-mail: claudiogli@yahoo.com.br

⁶Eng^a. Agrônoma, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste. E-mail: lorenanoreto88@unioeste.br

INTRODUÇÃO

O controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow) é uma das principais preocupações para os sojicultores do Brasil após o florescimento da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. No momento em que as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, com total fechamento e grande área foliar, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração na massa de folhas e cobertura, mesmo para a aplicação de fungicidas com características de ação sistêmica (ANTUNIASSI et al., 2004).

Uma propriedade importante da calda para a aplicação do agrotóxico é a tensão superficial. A retenção ou adesividade dos produtos fitossanitários na superfície foliar é consequência da molhabilidade das gotas de pulverização. Contudo, a maior área de molhamento nas folhas ocorre em função do ângulo de contato que a gota pulverizada forma com o alvo, que por sua vez é influenciado pela presença de surfactantes na calda (TANG et al., 2008).

Roman et al. (2007) enquadram os surfactantes em uma categoria dos adjuvantes, cuja função seria melhorar a emulsão, a dispersão, o espalhamento, o molhamento ou outras propriedades de um líquido ou solução, por meio da modificação de suas propriedades de superfície. De acordo com Miller e Butler Ellis (2000), essas mudanças nas propriedades do líquido pulverizado proporcionadas por surfactantes podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento destas em contato com o alvo, sendo fundamentais para a efetividade da aplicação.

Segundo Mendonça et al. (1999), a área de molhamento está diretamente correlacionada com a tensão superficial da solução, do tipo e dosagem do surfatante, além das características ultra-estruturais (presença ou ausência de cera epicuticular) da superfície foliar de cada

espécie. Mendonça et al. (1999) concluíram que os maiores valores de molhamento foram obtidos com os valores mínimos de tensão superficial. Assim a menor tensão superficial permite transpor obstáculos, como a presença de pêlos foliares, aumentando a quantidade de princípio ativo que atinge as áreas de absorção (CARBONARI et al., 2005).

Cooke e Hislop (1993) definiram que o conhecimento do destino dos produtos fitossanitários após sua aplicação é essencial para o entendimento e estudo da eficiência em qualquer técnica de aplicação, desta forma as avaliações dos depósitos de calda são utilizadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação, como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação de defensivos agrícolas (PALLADINI et al., 2005).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de concentrações de adjuvante não iônico e óleo mineral em soluções com fungicida sobre a tensão superficial e a área de molhamento de gotas depositadas nas faces foliares de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos no laboratório de plantas daninhas da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná *campus* de Marechal Cândido Rondon, PR. Onde se adotaram o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6x2, com sete repetições. O primeiro fator refere-se às seis concentrações dos adjuvantes, em que no primeiro experimento utilizou-se o Energic[®] e no segundo Joint Oil[®] (Tabela 1). E o segundo fator é relativo às soluções com e sem fungicida o Piori Xtra[®] (princípio ativo: Azoxystrobin 20% e Cyproconazole 8 % m v⁻¹; grupo químico Estrobilurina + Triazol), na concentração de 0,18 % v v⁻¹ de calda.

Tabela 1. Tratamentos, descrições e concentrações de surfactantes utilizados em dois experimentos realizados em Marechal Cândido Rondon, PR, 2011.

Produto comercial	Surfactantes		Concentrações do surfactante % (v v ⁻¹)
	Ingrediente ativo (i.a.)	Concentração (g L ⁻¹)	
Energic [®]	Nonil fenol etoxilado + sal sódico de ácido dodecilbenzeno sulfônico	226+226	0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25
Joint Oil [®]	Hidrocarbonetos alifáticos	761	0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25

Utilizou-se a soja cv. BMX Força RR, que foi semeada em 14/10/2011 em vasos de 13,5 L acondicionados em casa de vegetação. Para as avaliações da área de molhamento, coletaram-se as folhas de soja retiradas do terço superior da planta, quando estas atingiram o estágio fenológico R1 – início do florescimento pela escala de Fehr e Caviness (1977).

Para determinação da tensão superficial de gotas foi utilizada a metodologia proposta por Mendonça et al. (1999), sendo que o conjunto de 15 gotas de cada solução

avaliada correspondeu a uma repetição. A temperatura ambiente do laboratório durante as determinações foi mantida entre 21 ± 2 °C.

A área de molhamento foi determinada nas faces adaxial e abaxial das folhas de soja. Inicialmente utilizou-se uma fita adesiva para fixar as folhas em uma placa de vidro, e posteriormente com auxílio de uma micropipeta automática, calibrada para um volume de 15 µL, foram aplicadas gotas das soluções nas faces foliares. Imediatamente após a deposição da gota, as mesmas foram

fotografadas com o auxílio de uma câmera digital. Para análise da imagem, utilizou-se do software Quant vs 1.0.1 (VALE et al., 2003) que, para efetuar o cálculo de áreas de cores pré-definidas, necessita ser calibrado por meio de uma escala conhecida na imagem. Nesse caso utilizou-se para calibração uma linha desenhada na placa de vidro com comprimento de 15 cm, logo abaixo do ponto de fixação das folhas, como referência, que em seguida foram transformadas as áreas apresentadas em mm² para cm².

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F com $p < 0.01$, e em seguida ajustados aos modelos de regressão que melhor representaram os valores observados verificando-se além da significância de F, os

valores do coeficiente de determinação (R^2), pelo software estatístico Sigmatat for windows vs 3.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, pode-se verificar que houve interação significativa pelo teste 'F' entre os fatores avaliados para os dois surfactantes, com exceção apenas para a área de molhamento na face abaxial da folha de soja em que se utilizou Energic[®], em que 'F' foi significativo apenas para as concentrações do adjuvante.

Tabela 2. Significância do teste 'F' da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. - %) dos dados de tensão superficial e área de molhamento nas faces foliares da soja cv. BMX Força RR de soluções sem e com o fungicida em função da concentração dos adjuvantes.

Fontes de Variação	Tensão superficial (mN m ⁻¹)		Área de molhamento (cm ²)			
			Face adaxial		Face abaxial	
	Energic [®]	Joint Oil [®]	Energic [®]	Joint Oil [®]	Energic [®]	Joint Oil [®]
Soluções (S)	118,76**	49,18**	7,09**	6,36**	3,13 ^{ns}	5,99**
Concentrações do adjuvante (C)	655,73**	2223,62**	55,48**	41,27**	26,80**	35,45**
Interação (S) x (C)	48,38**	202,21**	5,93**	7,74**	0,79 ^{ns}	7,95**
C.V. (%)	4,03	2,75	25,46	18,24	25,00	22,26

**significativo a 1 % de probabilidade; ^{ns}não significativo.

Na Figura 1, pode-se evidenciar que apenas a utilização do fungicida foi suficiente para se reduzir a tensão superficial das caldas. E que o aumento da concentração dos adjuvantes, proporcionaram reduções da tensão superficial, atingindo mínima na concentração de 0,10 % (38,32 mN m⁻¹ – Figura 1a) e 0,50 % (33,29 mN m⁻¹ – Figura 1b), para Energic[®] e Joint Oil[®], respectivamente.

Para a área de molhamento com a utilização do Energic[®] (Figura 2), verificaram-se maiores aumentos na face adaxial com o aumento da concentração do adjuvante e quando não se utilizou o fungicida. Para a face abaxial pode-se constatar que o aumento da concentração do adjuvante incrementou a área de molhamento das gotas de pulverização independentemente da solução utilizada, entretanto, a área média de molhamento das gotas foi menor em relação ao obtido na face adaxial.

Com relação à área de molhamento proporcionada pelo Joint Oil[®] (Figura 3), nas soluções sem fungicida, observou-se que a concentração de 0,25% foi o suficiente para promover os espalhamentos máximos das gotas, tanto na face adaxial quanto na abaxial das folhas da soja. Porém quando se utilizou o fungicida junto à calda, o aumento das concentrações do adjuvante proporcionou efeito linear positivo na área de molhamento da face

adaxial das folhas de soja, bem como elevação significativa na área de molhamento das gotas na face abaxial.

Após a estabilização da tensão superficial da solução, outros fatores interferem na área de molhamento. Albert e Victoria Filho (2002) relatam que os aspectos da superfície foliar, como topografia de células, grau e tipo de desenvolvimento da cera epicuticular, tricomas e glândulas, são fatores que podem influenciar a deposição de defensivos agrícolas.

Conforme observado por Reeves (1992), a redução da tensão superficial das soluções possibilita maior molhamento da superfície vegetal, porém nas aplicações com elevadas concentrações desses produtos pode-se favorecer as perdas por escorrimento. Como nas condições analisadas, as folhas foram mantidas na placa (sem inclinação), o efeito do escorrimento não foi observado, mas houve tendência de aumento bem mais acentuado da superfície molhada por Joint Oil[®] a partir da concentração de 1,0%.

Diante dos resultados apresentados, com relação às áreas de molhamento tanto na face adaxial quanto abaxial, não ocorreu sinergismo entre o adjuvante Energic[®] com o fungicida Priori Xtra[®].

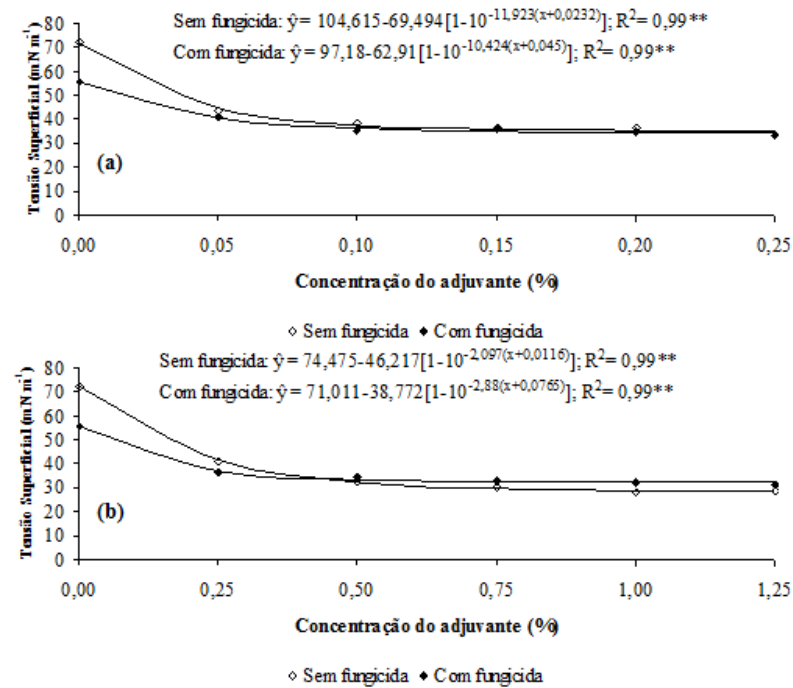


Figura 1 - Tensões superficiais de soluções sem e com o fungicida Piori Xtra[®] em função da concentração dos surfactantes Energic[®] (a) e Joint Oil[®] (b). **significativo a 1 % de probabilidade.

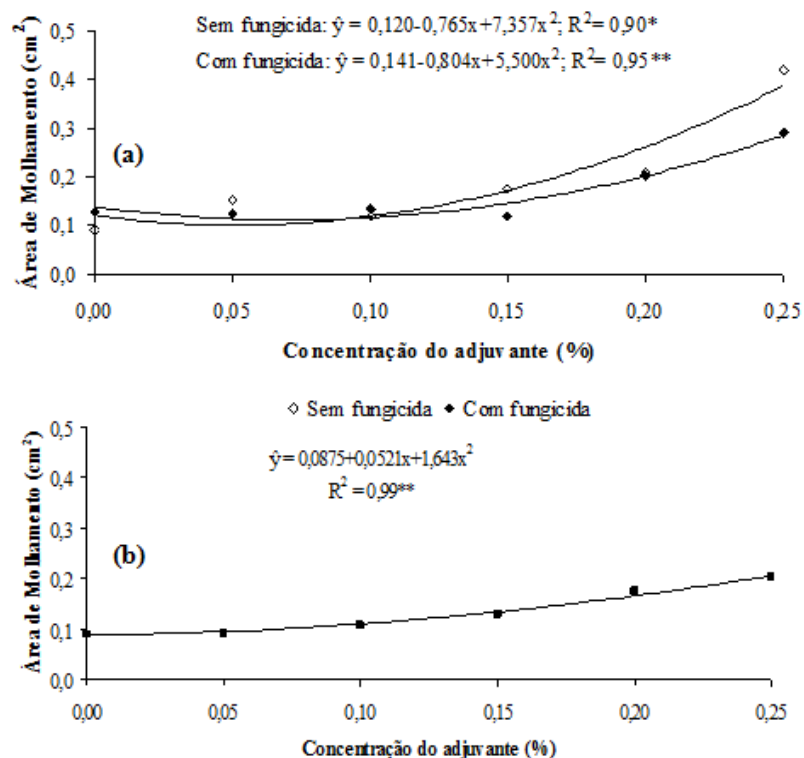


Figura 2 - Área de molhamento da gota (15 μ L) depositada nas faces foliares: adaxial (a) e abaxial (b) da soja BMX Força RR, utilizando-se soluções sem e com o fungicida Piori Xtra[®] em função da concentração do surfactante Energic[®]. *significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade.

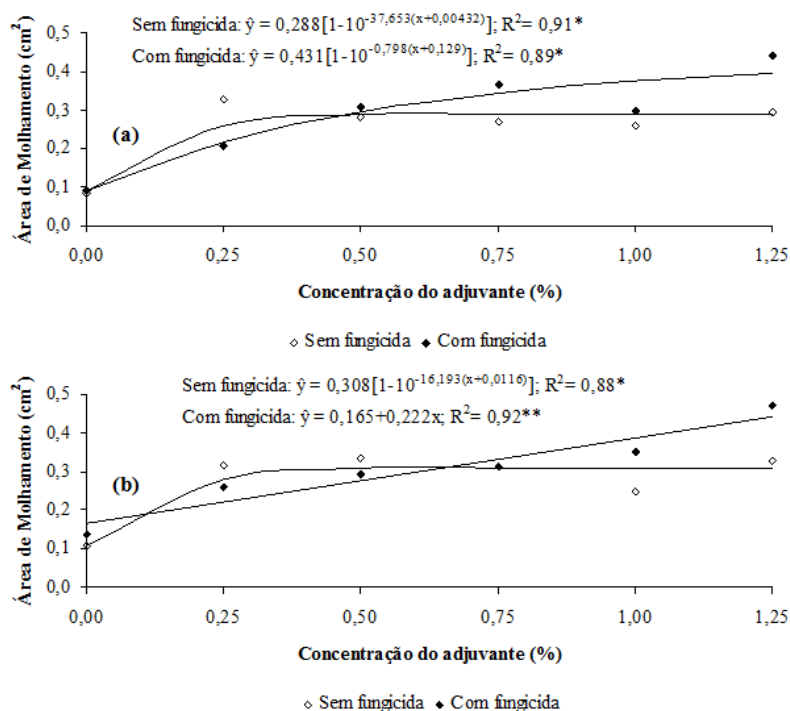


Figura 3 - Área de molhamento da gota (15 µL) depositada nas faces foliares: adaxial (a) e abaxial (b) da soja BMX Força RR, utilizando-se soluções sem e com o fungicida Priors Xtra® em função da concentração do surfactante Joint Oil®. *significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade.

As variações de respostas na área de molhamento por diferentes soluções fungicidas são dependentes do sinergismo ou antagonismo que um produto tem com o outro. Costa et al. (2005) verificaram que a mistura de Aterbane BR® + Glyphosate se mostrou mais adequada quando comparada com o adjuvante Silwet L-77®, com efeito mais pronunciado na face abaxial das folhas de plantas daninhas aquáticas.

O adjuvante Joint Oil® demonstrou maior sinergismo quando misturado com o fungicida Priors Xtra®, a partir da concentração de 0,5%.

Ressalta-se que as diferenças anatômicas entre as faces adaxial e abaxial proporcionaram dinâmicas distintas quanto à área de molhamento principalmente para quando se utilizou o Energic®, desta forma, mais estudos devem ser realizados para a compreensão dos fatores envolvidos no espalhamento de gotas de pulverização após atingirem as superfícies foliares das plantas de soja.

CONCLUSÕES

Nas condições com que se desenvolveu este trabalho, pode-se concluir que as menores tensões superficiais das soluções com o fungicida foram obtidas com a utilização do adjuvante não iônico (Energic®) e do óleo mineral (Joint Oil®) nas concentrações a partir de 0,1% e 0,5%, respectivamente. Entretanto, as maiores áreas de molhamento nas faces foliares de soja foram obtidas nas concentrações de 0,2% e 0,75% do adjuvante não iônico e do óleo mineral, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, L.H.B.; VICTORIA FILHO, R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. *Ciência e Agrotecnologia*, v.26, n.5, p.888-899, 2002.
- ANTUNIASSI, U.R.; CAMARGO, T.V.; BONELLI, A.P.O.; ROMAGNOLE, H.W.C. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, SP. *Anais...* Botucatu: FEPAF, 2004. p.48-51.
- CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; MARCHI, S.R.; CARDOSO, L.R. Efeito de surfatantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. *Planta Daninha*, v.23, n.4, p.725-729, 2005.
- COOKE, B.K.; HISLOP, E.C. *Spray tracing techniques*. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. (Ed) Application technology for crop protection. Wallingford: CAB, 1993. p.85-100.
- COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; COSTA, L.D.N.C. pH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadriflora* e *Panicum repens*. *Planta Daninha*, v.23, n.2, p.295-304, 2005.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. *Stages of soybean development*. Ames, IA. Iowa State University. Special Report 80, 11 p., 1977.
- MENDONÇA, C.G. de; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C.G. de Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. *Planta Daninha*, v.17, n.3, p.355-366, 1999.
- MILLER, P.C.H.; BUTLER ELLIS, M.C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop Protection*, v.19, p.609-615, 2000.
- PALLADINI, L.A.; RAETANO, C.G.; VELINI, E.D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agricola*, v.62, n.5, p.440-445, 2005.

Efeito de adjuvantes em soluções com fungicida na...

COSTA, N. V. et al. (2015)

REEVES, B.G. The rationale of adjuvant use with agri chemicals. In: FOY, C. L. (ed.) **Adjuvants for agrichemicals**. CRC Press, Boca Raton, 1992. p.487-488.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 160p.

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet 1-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, n.325, p.223-227, 2008.

VALE, F.X.R. de; FERNANDES FILHO, E.I.; LIBERATO, J.R. Quant – A software for plant disease severity assessment. **8th International Congress of Plant Pathology**. Christchurch, New Zealand, 2-7 de fevereiro, p.105, 2003.