

Escala diagramática de quantificação de dano causado por granizo em folhas de girassol¹

A diagrammatic scale for the quantification of hail damage in sunflower leaves

Dionéia Daiane Pitol Lucas^{2*}, Arno Bernardo Heldwein², Ivan Carlos Maldaner², Joner Silveira Dalcin² e Luis Henrique Loose²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi elaborar uma escala diagramática para a avaliação visual e quantificação do dano causado por granizo em folhas de girassol. O trabalho foi conduzido em área experimental em Santa Maria (RS) no ano agrícola 2008/2009, sendo o dano causado por um evento de granizo ocorrido na data de 08/01/2009, com as plantas de girassol no estágio de plena floração (R5.1) e com índice de área foliar medido de 2,2 m²m⁻². Foram coletadas 243 folhas danificadas que antes da coleta tiveram seu perímetro redesenhado com o auxílio de folhas inteiras de formato similar. Após a determinação da porcentagem de área danificada, foram selecionadas imagens para compor a escala diagramática logarítmica. O teste da escala foi realizado por 10 diferentes observadores em 24 folhas sorteadas dentre as 243 coletadas. A acurácia e a precisão de cada avaliador foram determinadas por regressão linear simples entre o dano real e o estimado com o auxílio da escala diagramática, além destes, utilizou-se a Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), o erro absoluto e o coeficiente de determinação (R²) da regressão linear. Verificou-se que a escala é adequada para observação de dano foliar por granizo.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*. Análise foliar. Evento meteorológico.

ABSTRACT - The objective of this study was to develop a diagrammatic scale for the visual assessment and the quantification of hail damage in sunflower leaves. The study was carried out in an experimental area in Santa Maria (RS) during the agricultural year of 2008/2009, the damage being caused by a hail-storm event which occurred on 8 January, 2009, with the sunflower plants in full bloom (R5.1) and a leaf-area index of 2.2 m²m⁻². A total of 243 damaged leaves were collected, which before collection had their outlines redrawn with the aid of complete leaves of similar shape. After determining the percentage of the damaged area, images were selected to make up the diagrammatic logarithmic scale. A test of the scale was undertaken by 10 different observers on 24 randomly selected leaves from the 243 collected. The accuracy and precision of each appraiser were determined by simple linear regression of actual damage and that estimated with the aid of the diagrammatic scale, in addition we used the Root Mean Square Error (RMSE), the absolute error and the coefficient of determination (R²) of the linear regression. It was found that the scale is suitable for the observation of leaf damage caused by hail.

Key words: *Helianthus annuus*. Foliar analysis. Weather event.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 11/08/2011; aprovado em 23/04/2012

Pesquisa financiada na forma de bolsa pelo CNPq, CAPES e FAPERGS

²Departamento de Fitotecnia/Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil, 97.105-900, dio.pitol@gmail.com, heldweinab@mail.ufsm.br, ivan_maldaner@yahoo.com.br, joner_dalcin@yahoo.com.br, luisloose@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) tem hoje abrangência mundial. É uma cultura que apresenta alto potencial para a produção de matéria-prima para biocombustíveis, sendo uma das oleaginosas que compõe o programa do biodiesel brasileiro (SILVA; FREITAS, 2008). O óleo é de excelente qualidade, e reconhecidamente utilizado por suas propriedades medicinais, sendo a cultura ainda usada pela fauna melífera, produção de silagem e forragem, adubação verde, melhoradora do solo e ornamental (UNGARO *et al.*, 2009). Os fitoesteróis, presentes nos aquênios, relativamente, em altas concentrações, têm sido estudados pela sua grande importância alimentar e industrial (FOLMER, 2003; MOREAU; WHITAKER; HICKS, 2002; MOULOUNGUI; ROCHE; BUONIOLS, 2006).

Por sua capacidade de produção de óleo vegetal em diferentes condições edafoclimáticas, é uma das quatro oleaginosas recomendada para cultivo no Rio Grande do Sul (SILVA; FREITAS, 2008). O estado é um dos que apresentam maior produção, além de apresentar condições para aumento de área de cultivo, por ser esta uma alternativa para rotação de culturas (UNGARO *et al.*, 2009).

Anualmente as áreas cultivadas são atingidas por diferentes eventos meteorológicos prejudiciais à produção agrícola. Com o aquecimento global, os eventos meteorológicos extremos podem ser mais frequentes (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007) e aumentar os riscos e os danos reais aos cultivos agrícolas. Isto exige a determinação de critérios adequados na avaliação da provável redução de produção, para a justa indenização pelo sistema de seguro agrícola e/ou para a tomada de decisão no gerenciamento do problema pós-granizo pelo produtor. Dentre os eventos meteorológicos extremos está o granizo, que pode causar grandes prejuízos nas áreas atingidas em diferentes regiões. O dano foliar provocado pelo granizo é variável, dependendo do tamanho das pedras, densidade por área, duração do evento, velocidade de queda e do vento, idade das plantas e época de ocorrência (MOTA, 1981).

No girassol o principal dano ocorre nas folhas, com brusca redução da área foliar e surgimento de lesões que favorecem a incidência de doenças, reduzindo a produção de fotoassimilados e o acúmulo de massa seca, resultando numa menor produção por área. Os poucos trabalhos sobre simulação de danos foliares por granizo, ou mesmo por insetos, para culturas, como para o próprio girassol (BUTIGNOL, 1983; KARADOGAN; AKGÜN, 2009; MORIONDO; ORLANDINI; VILLALOBOS, 2003; MURO *et al.*, 2001; NEZAMI *et al.*, 2008; SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987), utilizam a desfolha artificial de folhas inteiras como metodologia, o que não reflete o dano físico em área proporcional de todas as folhas, com suas consequências no transporte de assimilados, água e demais nutrientes e estresse fisiológico (TAIZ;

ZEIGER, 2004). Trabalhos que relacionam a injúria foliar e a estimativa de perdas de área fotossintetizante na forma de escala para quantificação dos danos foliares por granizo não foram relatados na literatura. Dessa forma, o trabalho teve por objetivo elaborar uma escala diagramática para a avaliação visual e quantificação de dano causada por granizo em folhas de girassol.

Um experimento com girassol foi conduzido em Santa Maria-RS (29°43' S; 53°43' W; 95 m a.n.m). O solo do local, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

A semeadura de dois híbridos comerciais (Aguará 03 e Hélio 358) foi realizada em 06/11/2008 no espaçamento de 0,9 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas na fileira. No dia 08/01/2009 ocorreu uma tempestade de granizo que ocasionou danos e perda de área foliar do girassol em diferentes proporções em todo perfil do dossel das plantas. O tamanho máximo das pedras de gelo chegou a 1,9 cm de diâmetro e a tempestade, com duração de cinco minutos e rajadas de vento de até 31,4 m s⁻¹, foi classificada pelo serviço oficial de meteorologia como “granizo forte”. Nesta data as plantas de girassol se encontravam no estágio de plena floração (R5.1) (SCHNEITER; MILLER, 1981) e apresentavam IAF próximo a 2, 2 m² m⁻².

A escala foi elaborada com base nos valores reais do dano causado pelo granizo nas folhas do girassol durante o experimento. Foram avaliadas todas as folhas de 16 plantas de cada híbrido. A área foliar restante, ou seja, a parte do limbo foliar que não sofreu danos pelo granizo bem como o contorno provável da folha, foram desenhadas e posteriormente escaneadas em arquivos *.bmp.

Para determinar o dano (valores reais de área danificada) foi utilizado o programa SigmaScan Pro 5, com o qual foi calculada a área foliar remanescente (AFR) com base no desenho original. Uma cópia do desenho do contorno da folha original foi pintada totalmente com o auxílio do programa Paint Brush, sendo então determinada sua área foliar total (AFT). Foi então utilizada a relação: (AFT - AFR) AFT⁻¹, para expressar a fração de área danificada de cada uma das 243 folhas.

A escala diagramática logarítmica foi desenvolvida segundo a “lei do estímulo de Weber e Fechner” (HORSFALL; BARRATT, 1945), apresentando os valores mínimos e máximos de dano observados como extremos, mais oito níveis intermediários determinados matematicamente de acordo com a acuidade da visão humana.

O teste de aferição da escala foi realizado pela comparação entre valores reais de área danificada determinada eletronicamente, por meio da análise das imagens escaneadas, e valores estimados visualmente inicialmente sem a utilização da escala como referência e posteriormente com o auxílio desta. As observações foram realizadas por diferentes

avaliadores integrados por alunos e professores de graduação e pós-graduação em Agronomia, que não haviam tido contato com a escala, em vinte e quatro folhas por avaliador, sorteadas dentre as 243 folhas. Utilizou-se as estatísticas Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), Erro Absoluto Médio (EAM), calculadas respectivamente pelas equações 1 e 2:

$$RQME = (\sum (S_i - O_i)^2 / N)^{0,5} \quad (1)$$

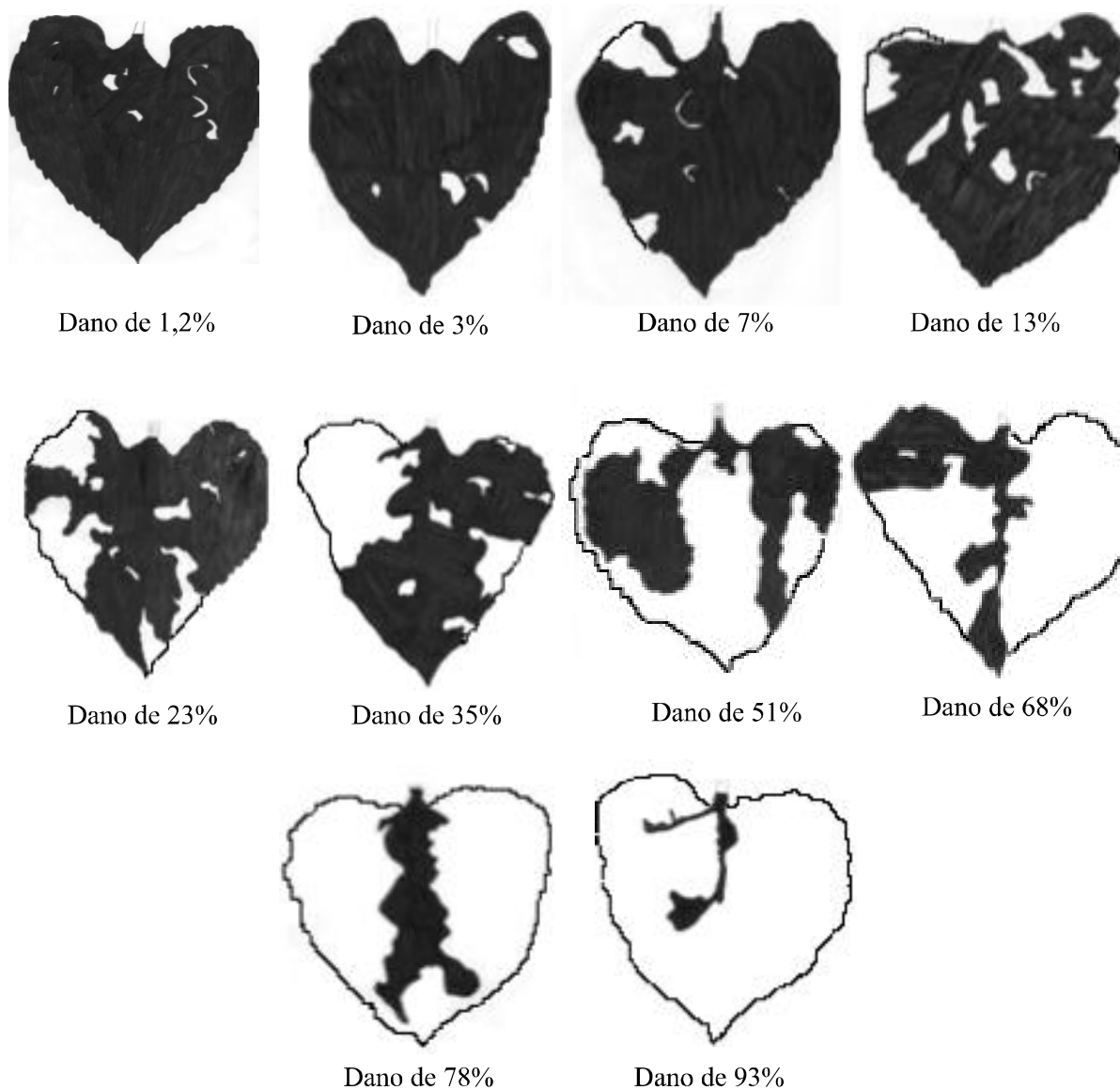
$$EAM = \sum (S_i - O_i) / N \quad (2)$$

em que, "s" é o valor estimado, "o" é o valor observado, N é o número de observações do banco de dados utilizado para o teste.

Além destes utilizou-se também o coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear entre valores reais e os estimados com o auxílio da escala diagramática. Essas estatísticas foram utilizadas como avaliação de precisão e acurácia da escala proposta, permitindo a avaliação da discrepância dos valores estimados com o auxílio da escala em relação aos valores obtidos pela determinação eletrônica das imagens.

Nesse trabalho observaram-se danos foliares variáveis de 1,2 a 93,0%, com média de 31,3% nas 243 folhas analisadas (Figura 1). Verificou-se que a configuração do dano é diferente, inclusive para um mesmo nível de dano,

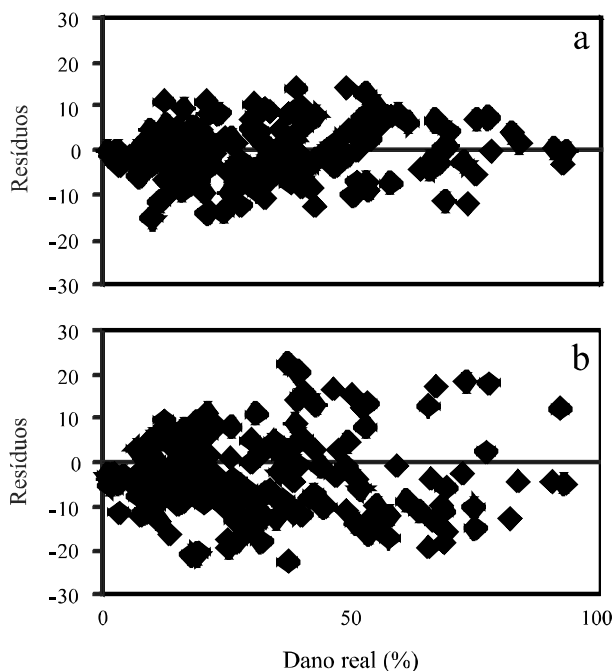
Figura 1 - Escala diagramática logarítmica para avaliação de dano por granizo em folhas de girassol. São apresentados desenhos esquemáticos para cada um dos nove níveis de dano por granizo em folhas de girassol, de 1,2% a 93%. Coloração preta: área foliar remanescente e branca área foliar perdida



mostrando a grande aleatoriedade do efeito adverso desse fenômeno meteorológico sobre as folhas do girassol. Dessa forma, pode-se inferir que a metodologia de desfolha artificial utilizada para a avaliação e estimativa de dano foliar por granizo (KARADOGAN; AKGÜN, 2009; MORIONDO; ORLANDINI; VILLALOBOS, 2003; MURO *et al.*, 2001; SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987) pode não ser a mais adequada.

No teste da escala houve a concordância dos valores estimados pelos diferentes observadores com os valores reais contabilizados eletronicamente. A regressão obtida foi: ESTIMADO = 1,004 X REAL. Os resíduos entre os valores estimados visualmente e os reais obtidos eletronicamente (valores observados), para as duas avaliações, concentraram-se na faixa de 10% e não ultrapassaram 15% (Figura 2a), sendo estes aceitáveis segundo os critérios observados em outros estudos de avaliação de escalas diagramáticas (LEITE; AMORIM, 2002; MALAGI *et al.*, 2011). Essa constatação permite inferir que os pressupostos necessários ao ajuste da função linear foram atendidos, de modo que os resíduos apresentaram-se distribuídos de forma equilibrada acima e abaixo da linha que passe no ponto de resíduo 0, formando uma nuvem retangular de pontos. Além disso, a observação dos danos foliares sem o uso da escala apresentou menor precisão, sendo maiores os erros absolutos, apresentando valores que ultrapassaram 20% (Figura 2b), além da maior

Figura 2- Resíduos (dano estimado - dano real) das estimativas de dano foliar por granizo com auxílio da escala diagramática logarítmica (a) e sem o auxílio da escala (b)



dispersão dos valores. O erro absoluto médio é considerado menos sensível a *outliers* (observações “anormais”) que o erro médio quadrático. Dessa forma, com a avaliação desse erro pode-se observar a dispersão dos dados em razão da avaliação dos diferentes observadores que utilizaram a escala. Portanto, o uso da escala diagramática permitiu que os avaliadores apresentassem menor tendência de superestimativa ou subestimativa dos valores de dano foliar pelo granizo.

A escala diagramática foi desenvolvida para avaliar o grau de dano nas folhas individuais. Portanto, é válida para qualquer estágio de desenvolvimento do girassol. Assim, conclui-se que, tomando os devidos cuidados, a escala diagramática mostrou-se adequada para a avaliação visual de dano por granizo em folhas de girassol, pois as estatísticas de teste da escala mostraram ajuste significativo, sendo o R^2 da regressão linear entre valores reais e os estimados com o auxílio da escala igual a 0,92, com RQME de 5,91 cm² de folha, sendo que um erro de 5,9 cm² para um tamanho médio de folha (\approx 170 cm²) representa cerca de 4% da área total da folha, o que é aceitável para observações visuais.

Trabalhos que tratem de área foliar fazem-se necessário devido sua importância na produção vegetal, principalmente em virtude da interceptação da radiação solar e realização da fotossíntese (MALDANER *et al.*, 2009). No caso do girassol, a interceptação de radiação solar afeta a produção das plantas nos diferentes estádios, sendo que no período de enchimento dos aquênios esta afeta tanto o peso e a concentração de óleo nos aquênios (ECHARTE *et al.*, 2010), quanto à partição dos ácidos graxos do óleo e outros constituintes (IZQUIERDO *et al.*, 2009), principais componentes de utilidade industrial (FOLMER, 2003; MOREAU; WHITAKER; HICKS, 2002; MOULOUNGUI; ROCHE; BOUNIOLS, 2006). Portanto, a escala mostra-se como um importante instrumento de avaliação de dano foliar que posteriormente pode auxiliar nas estimativas de prejuízos na produção final da cultura.

A escala proposta neste trabalho apresenta-se como uma ferramenta oportuna para quantificar dano por granizo em folhas de girassol, podendo ser utilizada também para quantificar danos foliares causados por insetos mastigadores, quando estes se assemelham aos representados nas figuras, haja vista a falta de sistemas padronizados de quantificação de danos foliares em girassol.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelas respectivas bolsas recebidas.

REFERÊNCIAS

- BUTIGNOL, C. A. Rendimento de girassol em três diferentes estádios de desfolhamento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 06, p. 631-634, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.
- ECHARTE, M. M. *et al.* Night temperature and intercepted solar radiation additively contribute to oleic acid percentage in sunflower oil. **Field Crops Research**, v. 119, n. 01, p. 27-35, 2010.
- FOLMER, B. M. Sterol surfactants: from synthesis to applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 103, n. 02, p. 99-109, 2003.
- HORSFALL, J. C.; BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, v. 35, p. 665, 1945.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: the AR4 Report - A report of Working Group I**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2009.
- IZQUIERDO, N. G. *et al.* Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. **Field Crops Research**, v. 114, n. 01, p. 66-74, 2009.
- KARADOGAN, T.; AKGÜN, İ. Effect of leaf removal on sunflower yield and yield components and some quality characters. **Helia**, v. 32, n. 50, p. 123-134, 2009.
- LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternaria* em girassol. **Summa Phytopathologica**, v. 28, n. 01, p. 14-19, 2002.
- MALAGI, G. *et al.* Elaboração e validação da escala diagramática para avaliação da mancha branca do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 03, p. 797-804, 2011.
- MALDANER *et al.* Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v. 39, n. 05, p. 1356-1361, 2009.
- MORIONDO, M.; ORLANDINI, S.; VILLALOBOS, F. J. Modelling compensatory effects of defoliation on leaf area growth and biomass of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, v. 19, n. 02, p. 161-171, 2003.
- MOREAU, R. A.; WHITAKER, B. D.; HICKS, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health promoting uses. **Progress in Lipid Research**, v. 41, n. 06, p. 457-500, 2002.
- MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981. 376 p.
- MOULOINGUI, Z.; ROCHE, J.; BOUNIOLS, A. Limitations extractives des ingrédients fonctionnels natifs: lipides bioactifs par modifications chimiques. **Oléagineux, Corps gras, Lipides**, v. 13, n. 01, p. 16-22, 2006.
- MURO, J. *et al.* Defoliation effects on sunflower yield reduction. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 03, p. 634-637, 2001.
- NEZAMI, A. *et al.* Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Desert**, v. 12, p. 99-104, 2008.
- SILVA, P. R. F.; FREITAS, F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v. 38, n. 03, p. 843-851, 2008.
- SCHNEITNER, A.; JONES, J. M.; HAMMOND, J. J. Simulated hail research in sunflower: defoliation. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 431-434, 1987.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of Sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, p. 901-903, 1981.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Bioquímica e metabolismo. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 137-334.
- UNGARO, M. R. G.; *et al.* Girassol. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 203-221.