

VARIAÇÃO VERTICAL DA TEMPERATURA EM DOSSEL DE GIRASSOL

LUIS H. LOOSE¹, ARNO B. HELDWEIN², FERNANDO D. HINNAH⁴,
SIDINEI Z. RADONS³, MATEUS P. BORTOLUZZI⁴, RICARDO L. MALDANER⁵

¹ Mestrando do PPG Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS, F.:55 99681354, luisloose@yahoo.com.br.
Bolsista Mestrado CAPES

² Dr. Prof. Tit., Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, Santa Maria- RS. Bolsista PQ/CNPq

³ Msc., Prof. Ass., Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS), Cerro Largo – RS. Bolsista Doutorado CAPES

⁴ Acadêmico do Curso de Agronomia. UFSM, Santa Maria-RS, Bolsista de Iniciação Tecnológica (Pibiti), CNPq/UFSM.

⁵ Acadêmico do Curso Técnico em Agropecuária. UFSM, Santa Maria-RS, Bolsista CNPq/UFSM.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

RESUMO: Com o objetivo de determinar a variação vertical da temperatura do ar dentro e acima de um dossel de plantas de girassol ao longo do seu ciclo de desenvolvimento e ao longo do dia, realizou-se um trabalho na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM. No centro de uma área de 1000 m² semeada com girassol em 02/09/2008 foram instalados pares psicrométricos posicionados em diferentes níveis (z) acima da superfície do solo. Foram selecionados dias que apresentaram condições de pouca nebulosidade e baixa velocidade do vento, nos estádios de desenvolvimento V6, V21 e R3, para os quais se calculou o valor médio da temperatura do ar em cada nível dos períodos diários de maior aquecimento e maior resfriamento. Conclui-se que com o aumento do índice de área foliar (IAF) e da estatura de plantas, a camada de trocas de energia entre a superfície e a atmosfera passa a ser o terço superior do dossel, com gradientes de temperatura mínima e máxima mais acentuados, ocorrendo os extremos de temperatura nessa parte superior do dossel de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Perfis térmicos, microclima, *Helianthus annuus*.

VERTICAL TEMPERATURE VARIATION ON SUNFLOWER CANOPY

ABSTRACT: With the objective to determine the vertical variation of air temperature within and above a sunflower canopy along the developmental cycle and during the day, was carried out this study in the experimental area of Crop Science Department of UFSM. At the center of an area of 1000 m² sowed with sunflower crop on September 2, 2009, psychrometric pairs were installed at different levels (z) above the soil surface. Were selected days with conditions of low nebulosity and low wind speed, in the development stages V6, V21 and R3, were calculated for the mean air temperature in each level of daily periods of higher warming and cooling. With the increase in leaf area index (LAI) and plant height, the layer of energy exchange between the surface and the atmosphere becomes the third upper canopy, with gradients of minimum and maximum temperature more pronounced, occurring extremes temperature in that upper part of the plant canopy.

KEYWORDS: Termical gradients, microclimate, *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO: O girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta características agronômicas importantes, como maior tolerância a condições extremas de temperatura e déficit hídrico no solo do que a maioria das demais culturas anuais, além de baixa sensibilidade ao fotoperíodo e sistema radicular agressivo (EMBRAPA, 2007). Porém, um dos dois fatores que mais limita a produtividade na maioria das diferentes regiões brasileiras de cultivo é a ocorrência de

doenças (MALDANER, 2009), que está relacionada à determinadas condições meteorológicas, principalmente de temperatura e umidade no dossel. Para melhor determinar o efeito da temperatura na interação ambiente-planta-patógeno, é fundamental conhecer o ambiente de cultivo em nível de microclima (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1996). Segundo Rosenberg (1974), a temperatura do ar próximo da superfície de troca energética em relação a uma posição mais elevada durante o dia é maior e menor durante a noite, ocorrendo a formação e gradativo aumento de uma camada de inversão térmica a partir do momento em que a superfície passa a perder mais energia do que recebe. O perfil de temperatura dentro e acima do dossel de plantas varia em função do espaço ocupado pelos elementos do dossel no cultivo (principalmente índice de área foliar, altura e arquitetura das plantas, estágio de desenvolvimento, espaçamento e densidade de plantas) e das condições meteorológicas (principalmente grau de nebulosidade, velocidade do vento e transmissividade atmosférica) (MONTEITH; UNSWORTH, 1990). O objetivo deste trabalho foi determinar a variação vertical da temperatura em um dossel de girassol em diferentes momentos do seu desenvolvimento e do período diário.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS. O clima local é classificado como subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (Cfa) (MORENO, 1961) e o solo como um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). A área experimental foi preparada no sistema convencional com aração e gradagem logo após a calagem. Realizou-se a adubação de NPK sulco de semeadura e a suplementação nitrogenada em cobertura no estágio de desenvolvimento V15. A semeadura foi realizada em 02/09/2008, a emergência das plantas ocorreu em 17/09/2008, realizando-se o desbaste das plantas em excesso quando atingiram o estágio V2, de forma a obter uma população homogênea de plantas de 44.444 plantas ha⁻¹, com espaçamento 0,90 m por 0,25 m. O genótipo utilizado foi o híbrido simples Hélio 358. Os tratos culturais foram realizados com base nas recomendações técnicas para a cultura do girassol (EMBRAPA, 2007), sendo as deficiências hídricas suplantadas por irrigação. Para a medição da temperatura do ar instalou-se uma torre com psicrômetros não aspirados no centro da área experimental (1000 m²), em três níveis (0,20 m; 1,50 m e 2,20 m). Além da torre, foram instaladas duas repetições de dois pares psicrométricos nos níveis meia altura (0,5h) e topo do dossel de plantas (1,0h, sendo h a altura das plantas). Os níveis 0,5 e 1,0h eram ajustados semanalmente conforme a altura em que se encontrava o dossel. Cada par psicrométrico era composto por dois termistores de platina (Pt-100), um seco e outro úmido, instalados no interior de um mini-abrigo construído com tubos de PVC branco, encoberto por uma manta com lâmina refletora externa de alumínio e face interna com espuma isolante térmica. Os sensores psicrométricos foram conectados a um sistema de aquisição eletrônico de dados (datalogger), armazenando-se médias para cada 10 min. Para análise da temperatura nos diferentes níveis, calcularam-se as médias do período de maior resfriamento (2 às 7 horas) e período de maior aquecimento do dia (12 às 17 horas). Foram escolhidos esses horários do dia por representarem os períodos de maior aquecimento e maior resfriamento da superfície, para analisar a variação vertical nesses dois períodos do dia em que ocorrem as temperaturas extremas. Para análise dos perfis verticais de temperatura do ar foram escolhidos dias típicos representando condições de céu límpido e baixa velocidade de vento, nos quais os gradientes são mais acentuados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os perfis de temperatura do ar obtidos nas datas de 07/10/2008, 31/10/2008 e 17/11/2008, correspondentes a dias típicos aos 20, 44 e 61 dias após a emergência (DAE), em que as plantas se encontravam nos estádios V6, V21 e R3,

respectivamente, são apresentados na Figura 1. Na tabela 1 são apresentadas as diferenças médias de temperatura ar entre os diferentes níveis em cada subperíodo de desenvolvimento das plantas de girassol e respectivas condições médias de velocidade do vento e saldo de radiação (Q^*). Nas três datas de condição extrema de estabilidade atmosférica regional (Figuras 1a a 1f), a nebulosidade foi baixa (Q^* maior do 400 W m^{-2} durante o dia e menor do que -20 W m^{-2} durante a noite) e a velocidade média do vento inferior a 2 m s^{-1} durante o período diurno e inferior a 1 m s^{-1} durante o período noturno. A forma dos perfis variou com estágio de desenvolvimento, provavelmente em função do aumento do IAF e da altura do dossel de plantas. Aos 20 DAE (Figuras 1a e 1b), o gradiente de temperatura foi mais acentuado, sendo que a maior diferença de temperatura entre os períodos de resfriamento e aquecimento ocorreu no nível de 0,2 m. Considerando-se que nesse estágio de desenvolvimento de seis folhas (V6) a cultura do girassol apresenta baixo IAF e estatura de plantas em torno de 0,1 m, a interferência das plantas no balanço de radiação e de energia foi baixo e a superfície de troca de energia foi predominantemente a superfície do solo. As temperaturas médias para os três níveis de 0,2, 1,5 e 2,2 m foram, respectivamente, de 7,9, 8,4 e 8,8 °C para o período noturno, e de 25,2, 24,1 e 23,6 °C para o período diurno. As temperaturas diurnas apresentaram perfis normais, com gradientes térmicos médios para as três datas de $-0,80^\circ\text{C m}^{-1}$ entre os níveis de 0,2 e 2,2 m e de $-0,85^\circ\text{C m}^{-1}$ entre os níveis de 0,2 e 1,5 m, inferindo-se condição de instabilidade térmica. No período mais frio, após 2:00 h observaram-se perfis com inversão térmica característica, obtendo-se gradientes médios de $+0,45^\circ\text{C m}^{-1}$ entre os níveis de 0,2 e 2,2 m e de $+0,38^\circ\text{C m}^{-1}$ entre os níveis de 0,2 e 1,5 m. No subperíodo V6-R1, em que o IAF e a estatura das plantas aumentou rapidamente, houve modificação do perfil vertical de temperatura do ar. Conforme Rosenberg (1974), quando ocorre a elevação da estatura do dossel de plantas e incremento de IAF, a camada de troca de energia entre a superfície e a atmosfera acompanha o deslocamento do terço superior do dossel. Essa tendência foi confirmada para a cultura do girassol. A maior atenuação da curva de temperatura nesse dia ocorreu no nível mais alto do dossel de plantas, aproximadamente a uma altura de 0,7 m. Nessa fase é grande a interferência das plantas no balanço de energia e, conseqüentemente, na temperatura dos diferentes níveis de altura. Aos 44 DAE as temperaturas noturnas foram de 13,4, 12,8, 13,8 e 13,9 °C e diurnas de 23,6, 24,8, 23,1 e 22,7 °C, respectivamente para os níveis de 0,2, 0,7, 1,5 e 2,2 m (Figura 1c). Nota-se que durante o período diurno a tendência é de maior aquecimento do ar no terço superior do dossel, enquanto acima ou abaixo dessa camada a temperatura do ar foi menor. O contrário ocorre durante o período noturno, em que a camada do terço superior do dossel se resfria mais e antes que os níveis acima e abaixo. A inversão térmica iniciou entre as 17 e 18 h (Figura 1d). Aos 61 DAE (17/11/2008), subperíodo R1-R5.1, as plantas apresentam IAF e estatura próximos do valor máximo. Portanto, nesta condição o dossel encontrava-se completamente fechado de folhas e a interferência das plantas sobre o balanço de energia foi máxima. Verificaram-se temperatura mínima e máxima ocorrendo a 1,5 m de altura (Figura 1e). As temperaturas médias noturnas foram de 12,9, 12,1, 12,3, 12,1 e 12,7 °C e diurnas de 26,3, 26,7, 26,7, 26,7 e 25,3 °C, respectivamente para os níveis de 0,2, 0,81 (0,5h), 1,5, 1,63 (1,0h) e 2,2m (Figura 1e). As curvas de tendência não foram muito atenuadas, pois as temperaturas não apresentaram grandes diferenças entre os níveis de altura dentro do dossel. Conforme Rosenberg (1974), esse resultado é teoricamente correto, porque abaixo da camada do dossel exposta às trocas diretas de energia na forma de radiação a tendência é de menor variação da temperatura. A radiação solar é atenuada e o saldo de radiação de ondas longas tende a zero, na medida em que as folhas inferiores do dossel são gradativamente mais protegidas por maior área foliar acima. A diferença de temperatura entre os níveis de medição no período de maior aquecimento foi negativa e mais acentuada nos dias de velocidade do vento menor do que $2,0 \text{ m s}^{-1}$, ocorrendo também inversão térmica a partir do topo do dossel durante o período

de maior resfriamento (Figura 1). Em uma avaliação geral, verifica-se que o gradiente de temperatura do ar sofreu alterações com o desenvolvimento e crescimento das plantas de girassol (Tabela 1), similar ao descrito por Monteith e Unsworth (1990). No início do cultivo, quando o IAF e a estatura do dossel eram baixos, as maiores variações de temperatura ocorreram na altura de 0,2 m, ou seja, mais próximo da superfície do solo. Com o aumento do IAF e da estatura, o nível de variação mais acentuada deslocou-se para o terço superior das plantas, uma vez que ocorre o deslocamento da camada de folhas diretamente exposta às trocas de energia. No entanto, entre o topo (1,0h) e a meia altura do dossel (0,5h), as diferenças verticais de temperatura do ar (Dif 1h-0,5h), são desprezíveis (Tabela 1), exceto sob condições extremas (Figuras 1c a 1f), o que permitiria inferir e parametrizar a condição de igualdade de temperatura do ar entre o topo e o interior de dosséis de girassol. Resultados com tendência similar foram obtidos em cultivos de batata enquanto não ocorreu acamamento das plantas (TAZZO et al., 2008).

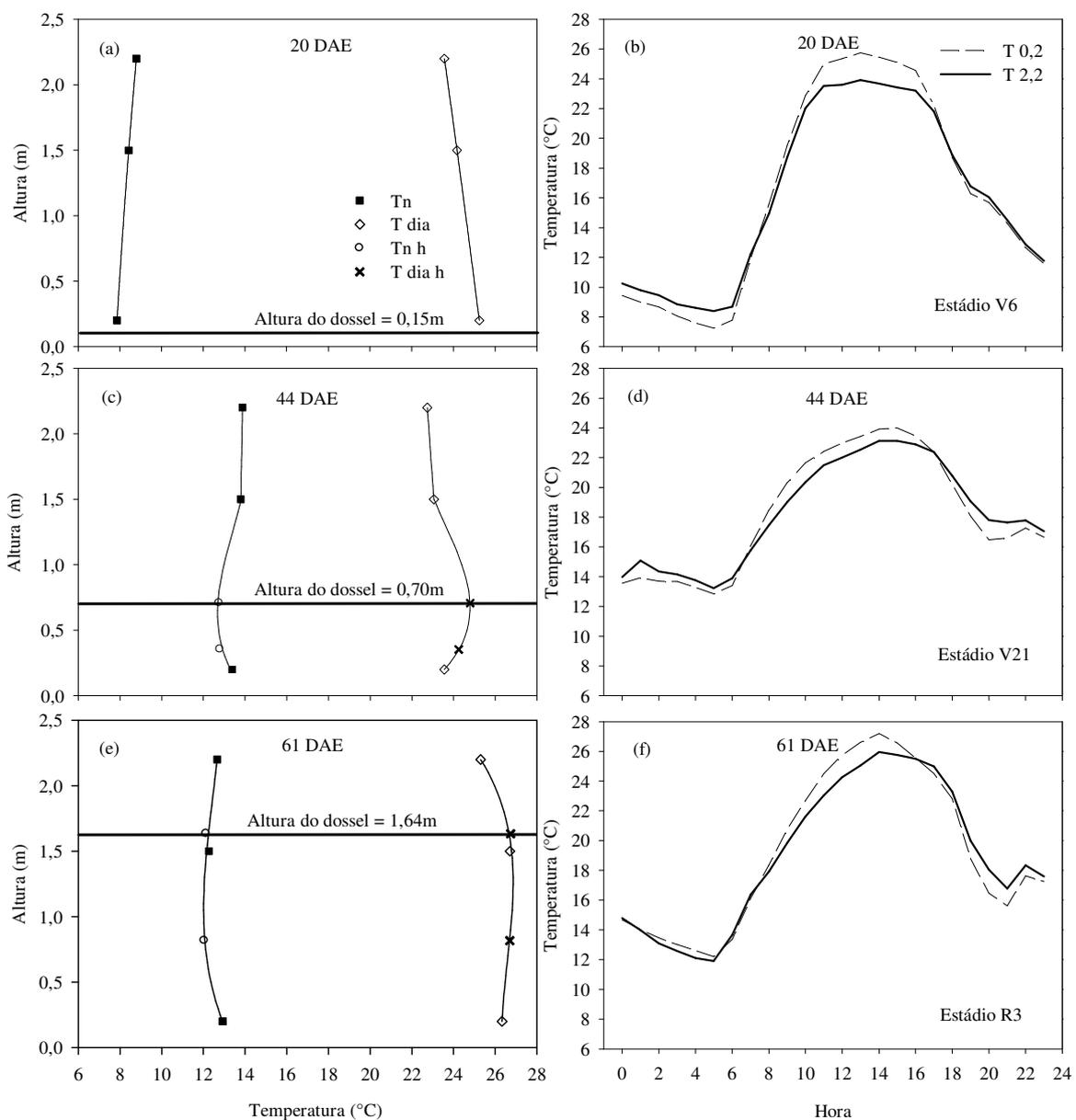


Figura 1. Perfil vertical da temperatura do ar no período de maior resfriamento e aquecimento do dia aos 20 (a), 44 (c) e 61 (e) dias após a emergência (DAE) e variação diária da temperatura do ar a 0,2 (T0,2) e 2,2 m de altura (T2,2) ao longo do dia aos 20 (b), 44 (d) e 61 (f) DAE; em um dossel de girassol. Santa Maria, 2011.

Tabela 1. Médias e desvio padrão da diferença de temperatura do ar entre os níveis de altura de 2,2 e 1,5 m (Dif 2,2-1,5), 2,2 e 0,2 m (Dif 2,2-0,2) e entre o topo (1h) e a meia altura (0,5h) do dossel (Dif 1h-0,5h), velocidade média do vento a 2 m de altura (U_{2m} ; em $m\ s^{-1}$) e saldo de radiação diário (Q^*) nos períodos de maior aquecimento (diurno) e resfriamento mais acentuado (noturno) nos dias típicos ($Q^* \geq 400\ W\ m^{-2}$ de dia e $Q^* \leq -1,0\ W\ m^{-2}$ de noite), durante três subperíodos de desenvolvimento do girassol.

	Subperíodo	Dif 2,2-1,5h	Dif 2,2-0,2h	Dif 1h-0,5h	U_{2m}^*	Q^*
Diurno	EM-V10	-0,36 ±0,04	-1,05±0,22	-	3,51	417,28
	V10-R1	-0,39 ±0,20	-0,82±0,58	-0,09±0,56	2,96	469,51
	R1-R5.1	-0,35±0,63	0,04±0,65	-0,18±0,27	2,90	461,11
	EM-R5.1	-0,36±0,44	-0,42±0,73	-	3,01	457,85
Noturno	EM-V10	0,16±0,16	0,38±0,36	-	1,01	-39,56
	V10-R1	-0,02±0,11	0,28±0,19	-0,08±0,06	1,90	-18,54
	R1-R5.1	0,17±0,29	0,06±0,11	0,05±0,09	1,67	-17,02
	EM-R5.1	0,12±0,21	0,24±0,27	-	1,47	-26,04

CONCLUSÕES: No início do ciclo da cultura as temperaturas mínimas e máximas diárias ocorrem no nível mais próximo superfície do solo. As temperaturas do ar no perfil vertical apresentam maior variação diária próximo ao topo do dossel, mas entre o topo do dossel ($h=1$) e a meia altura ($h=0,5$) do dossel, as diferenças verticais são desprezíveis, exceto sob condições extremas (períodos de Céu límpido e ventos fracos a calmos).

AGRADECIMENTOS: Ao CNPQ, à CAPES e à FAPERGS pela concessão das respectivas bolsas de auxílio.

REFERÊNCIAS:

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Moléstias de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996. 289p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa – Solos, 2006. 306 p.

_____. **Indicações para o cultivo do girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Comunicado Técnico 78, Embrapa Soja, Londrina, PR, fev. 2007.

MALDANER, I. C. **Irrigação e aplicação de fungicida na ocorrência de doenças e produtividade do girassol**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2 ed. New York: Edward Arnold, 1990. 291p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. P. Alegre: Secret. da Agricultura, 1961. 46p.

ROSENBERG, J.N. **Microclimate: the biological environment**. N. York: W Sons, 1974. 315p.

TAZZO, I. F. et al. Variação vertical da temperatura do ar em cultivos de batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Camp. Grande, v. 12, n. 5, p. 486-492, 2008.