

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. p71-79, 1993.

Aprovado para publicação em 22/07/92.

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA-BASE E DE GRAUS-DIA NA ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DOS SUBPERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO DE TRÊS CULTIVARES DE GIRASSOL.

DETERMINATION OF BASE-TEMPERATURE AND DEGREE-DAYS FOR ESTIMATING PHENOLOGICAL PHASE DURATION OF THREE CULTIVARS OF SUNFLOWER.

Angelo Mendes Massignam¹ e Luiz Roberto Angelocci²

RESUMO

Foram determinados valores de temperatura-base e de graus-dia exigidos para que os subperíodos fenológicos e o ciclo de desenvolvimento de três cultivares de girassol sejam completados. Os valores de temperatura-base foram calculados através dos métodos da menor variabilidade do coeficiente de variação, da menor variabilidade, da menor variabilidade modificado, da regressão e da interseção. Enquanto os quatro primeiros métodos conduziram à estimativas de temperatura-base comparáveis entre si, o quinto levou a valores bem distintos. Os cálculos incluíram fatores de correção para levar em conta os efeitos da não-linearidade na relação entre desenvolvimento relativo e temperatura do ar sobre os valores de graus-dia, bem como dos efeitos da ocorrência de deficiências e/ou excedentes hídricos no solo sobre a duração dos subperíodos, fatores esses que se mostraram válidos nos cálculos de temperatura-base e das exigências de graus-dia para o subperíodo emergência-floração.

Palavras-chave: temperatura-base, graus-dia, girassol.

SUMMARY

Base-temperature and degree-day values required to complete the phenological phases and the total

¹ Engº Agrº, M.Sc., CTA -MOC /EPAGRI - Caixa Postal 116. CEP 89620-000 Campos Novos - SC.

² Engº Agrº, Dr., Bolsista do CNPq, Depto de Física e Meteorologia ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 - Piracicaba - SP.

development cycle of three sunflower cultivars were determined. Base-temperature values were estimated by the methods: least variation coefficient; least standard deviation; a modified least standard deviation method; regression coefficient and x-intercept. The comparison of these methods indicated that the last one lead to different estimatives in relation to the other methods, which showed comparable values. Calculations included correction factors to take into account the effects of the non-linear relative development-air temperature relationship on the degree-day values and those of soil water deficits and/or surplus on the duration of phenological phases. It was concluded on the validity of the use of these correction factors to calculate base-temperatures and degree-days requirements in the emergence-flowering phase.

Key words: base-temperature; degree-day; sunflowers.

INTRODUÇÃO

O conceito de graus-dia, usado na estimativa da duração do subperíodo e do ciclo de desenvolvimento de vegetais e insetos, tem sido bastante aplicado na agricultura e baseia-se no fato de que os seres poiquilotermos mantém uma relação entre seu desenvolvimento e a quantidade de energia do ambiente, representada pelo somatório de temperatura acima de um limiar (temperatura-base).

O somatório térmico total para que um subperíodo ou o ciclo se complete é assumido como constante e independente do local ou época de semeadura. Entretanto, DAUBENMIRE (1947) ressalta que o somatório de graus-dia exigido para que um dado processo de desenvolvimento biológico ocorra, somente é constante se há uma linearidade entre o desenvolvimento relativo e a temperatura do ar. Além disso, a teoria de graus-dia assume que as temperaturas noturnas e diurnas são igualmente efetivas em promover o desenvolvimento e que a influência de outros fatores do ambiente tais como o fotoperíodo e a umidade do solo é desprezível (BRUNINI, 1980).

Além de nem sempre essas aproximações serem consideradas nos estudos envolvendo esse índice biometeorológico, causando dificuldades na generalização dos resultados, elas tem sido causa de opiniões divergentes na literatura. WANG (1960), por exemplo, critica a validade biológica da teoria de graus-dia. GILMORE & ROGERS (1958) consideram haver uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, mas BROWN (1960) observou relações curvilíneas entre os dois parâmetros para cultivares de soja. DAMARIO et al (1976) sugerem que a ação da temperatura sobre o crescimento vegetal manifesta-se como uma expressão parabólica. Quanto à influência de outros fatores do ambiente que podem afetar o desenvolvimento, Brown & Chapman, citados por ANDERSON et al (1978), verificaram que o fotoperíodo e o déficit hídrico no solo

modificam a resposta do girassol à temperatura.

MASSIGNAM & ANGELOCCI (1993) verificaram que a duração do subperíodo emergência-floração de três cultivares de girassol esteve correlacionada em maior grau com a temperatura do ar e, em menor grau, com a relação entre a razão entre evapotranspiração real e a potencial (ETR/ETP) e com a deficiência hídrica no solo. Já o fotoperíodo e o excesso de água somente tiveram efeito significativo na duração do subperíodo emergência-floração na cultivar Cargill 33. Além disso, não foi verificada a relação linear entre o desenvolvimento relativo e temperatura do ar.

Outro aspecto complicador no uso de graus-dia refere-se à determinação da temperatura-base. Segundo ARNOLD (1959), a temperatura base pode ser determinada com os métodos do coeficiente de variação, do menor desvio-padrão, da regressão e da intersecção da abscissa. Alguns valores de temperatura-base para girassol encontrados na literatura ilustram o aspecto complicador da determinação de temperatura-base. ROBINSON et al (1967) obtiveram uma temperatura-base de 7,2°C para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-floração e semeadura-floração do girassol. GOYNE et al (1977) encontraram valores de -1,6; -1,3 e 1,4°C para o híbrido Sunflora 68-2, e -5,9; -4,9 e 5,3°C para Hissun 30, respectivamente pelos métodos da intersecção da abscissa, da menor variabilidade do coeficiente de variação e da regressão. Apesar das diferenças varietais que estão na origem das discrepâncias de valores, a variação destes dentro de cada híbrido e a existência de valores negativos, sem significado biológico, indicam que cada método introduz diferentes magnitudes de erro na estimativa da temperatura-base, exigindo cautela no seu emprego.

O presente trabalho objetivou estimar a temperatura-base e a exigência em graus-dia para os subperíodos emergência-floração, floração-colheita e emergência-colheita de três cultivares de girassol e a minimização dos erros na estimativa dos graus-dia decorrente do desvio da linearidade da relação entre o desenvolvimento relativo e a temperatura do ar e dos efeitos da disponibilidade hídrica na variação da duração dos subperíodos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com base em observações fenológicas de genótipos do Ensaio Nacional de Cultivares de Girassol realizado pela Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC) em Campos Novos e Chapecó, pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em Londrina e pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (IAC) em Campinas. Detalhes de tipos de solo e de clima dos locais, bem como sobre critérios de observações fenológicas são encontrados em MASSIGNAM e ANGELOCCI (1993). No presente trabalho foram utilizadas as cultivares Cargill 33, IAC Anhandy e Issanka.

O total de graus-dia (GD) necessários para completar os subperíodos emergência-floração (EF), floração-

colheita (FC) e emergência-colheita (EC), foi calculado a partir da temperatura máxima e mínima conforme proposto por VILLA NOVA et al (1972).

Foram calculados também os graus-dias corrigidos (GDC) com as seguintes expressões:

$$GDC = GD \cdot FTH \dots (1)$$

$$FTH = FT \cdot FH \dots (2)$$

onde: FTH = fator de correção dos GD para temperatura (FT) e para disponibilidade hídrica (FH).

O fator de correção para a disponibilidade hídrica (FH) foi obtido com a seguinte expressão:

$$FH = \frac{NH}{N} \dots (3)$$

onde: NH = duração do subperíodo que ocorreria se não houvesse deficiência ou excesso hídrico no solo no período;

N = duração estimada do subperíodo através de regressão múltipla.

Os valores de N e NH, para cada cultivar, foram calculados a partir das equações (4) (MASSIGNAM, 1987), (5) e (6) (MASSIGNAM e ANGELOCCI, 1993), sendo que no cálculo de NH para uma determinada temperatura (TMED) adotou-se a relação ETR/ETP igual a 1, deficiência (DEF) e excesso (EXC) hídricos no solo iguais a zero como condições ótimas de disponibilidade hídrica.

$$\text{Cargil 33 } NUM = 303,07 - 25,23TMED + 0,51TMED^2 + 0,03EXC + 0,34DEF + 61,17ETR/ETP \quad (4)$$

$$\text{IAC Anhandy } NUM = 269,05 - 25,79TMED + 0,53TMED^2 + 102,50ETR/ETP + 0,38DEF \quad (5)$$

$$\text{Issanka } NUM = 387,11 - 36,50TMED + 0,82TMED^2 + 70,50ETR/ETP + 0,28DEF \quad (6)$$

onde: TMED, ETR e ETP são, respectivamente, os valores médios de temperatura do ar, evapotranspiração real e evapotranspiração potencial do subperíodo; DEF e EXC são, respectivamente, os totais por subperíodo das deficiências e excessos hídricos no solo.

O fator de correção para temperatura (FT) foi calculado através da relação NT/NH, sendo NT a duração do subperíodo, em dias, que ocorreria se houvesse uma relação linear do desenvolvimento relativo com a temperatura. Portanto:

$$FT = \frac{NT}{NH} \dots(7)$$

ou

$$FT = \frac{DRH}{DRT} \dots(8)$$

onde:

$$DRT = \frac{100}{NT} \text{ e } DRH = \frac{100}{NH} \dots(9)$$

DRT = desenvolvimento relativo que ocorreria se houvesse uma relação linear desse parâmetro com a temperatura;

DRH = desenvolvimento relativo que ocorreria se não houvesse excesso ou deficiência hídrica no período.

O DRT foi estimado para cada cultivar através das seguintes equações:

$$\text{Cargil 33 } DRT = -0,8438 + 0,1207TMED \quad (10)$$

$$\text{IAC Anhandy } DRT = -0,6624 + 0,1073TMED \quad (11)$$

$$\text{Issanka } DRT = -1,2391 + 0,1521TMED \quad (12)$$

As equações de reta foram obtidas utilizando-se a gama de valores de temperatura do ar na qual houve uma relação linear com o DRH.

A temperatura base para os subperíodos emergência-floração (EF), floração-colheita (FC) e emergência-floração (EF) foi determinada pelos métodos da menor variabilidade do coeficiente de variação (GOYNE et al, 1977), da menor variabilidade (BURIOL et al, 1978), da regressão (GOYNE et al, 1977);ANDERSON et al, 1978), da intersecção da abscissa (GOYNE et al, 1977);ANDERSON et al, 1978) e o da menor variabilidade modificado (SDM). Neste método, proposto no presente estudo, considerou-se como valor representativo da temperatura-base aquele que, dentro da faixa de valores pré-escolhidos, originou o menor desvio-padrão dos graus-dia, em dias (sdm), para a série de épocas de semeadura, de acordo com a expressão:

$$sdm = \frac{sdd}{A} \dots(13)$$

onde: A = acumulação diária dos graus-dia, calculada pela seguinte expressão:

$$A = \frac{GDM}{NUMM} \dots (14)$$

Substituindo a expressão (13) na expressão (14), obtém-se:

$$sdm = \frac{sdd.NUMM}{GDM} \dots (15)$$

onde: NUMM = duração média do subperíodo.

GDM = graus-dia médios para cada temperatura-base pré-escolhida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores da duração observada do subperíodo em dias (NUM); da que ocorreria se houvesse uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura (NT); da estimada que ocorreria se não houvesse excesso ou deficiência hídrica no período (NH); do fator de correção dos graus-dia para temperatura (FT); do fator de correção dos graus-dia para disponibilidade hídrica (FH) e do fator de correção dos graus-dia para temperatura e disponibilidade hídrica (FTH) do subperíodo emergência-floração, para as três cultivares.

Tabela 1. Número observado (NUM), número corrigido considerando a não ocorrência de deficiência hídrica ou excedente hídrico (NH), número corrigido se houvesse uma relação linear entre desenvolvimento relativo e temperatura do ar (NT), fatores de correção de graus-dia para disponibilidade hídrica (FH), temperatura (FT) e temperatura-disponibilidade hídrica (FTH) nas três cultivares de girassol.

Local	Data de Semeadura	cv CARGILL 33						cv IAC ANHANDY						cv ISSANKA						
		NUM	NH	NT	FH	FT	FTH	NUM	NH	NT	FH	FT	FTH	NUM	NH	NT	FH	FT	FTH	
Campos Novos	23.10.81	72	66	66	0,90	1,00	0,90	70	70	70	0,96	1,00	0,96	60	56	58	0,97	0,99	0,96	
	10.02.82	83	76	76	0,91	1,00	0,91	75	77	77	1,02	1,00	1,02	61	62	62	1,02	1,00	1,02	
	26.01.83	83	68	68	0,83	1,00	0,83	76	71	71	0,98	1,00	0,98							
	30.01.84	66	63	63	0,92	1,00	0,92	65	67	67	1,01	1,00	1,01	53	53	51	1,03	0,95	0,98	
	08.08.85	109	84	84	0,77	1,00	0,77	106	88	88	0,84	1,00	0,84	89	86	86	0,97	1,00	0,97	
	27.01.86							70	68	68	1,00	1,00	1,00	58	57	57	1,00	0,99	0,99	
Cnapecó	21.10.81	66	57	57	0,86	0,99	0,86	62	63	62	0,99	0,99	0,98	57	53	51	0,99	0,95	0,94	
	08.02.82												50	52	49	1,05	0,93	0,98		
	08.11.82	61	56	55	0,88	0,99	0,86	59	61	59	0,99	0,98	0,97	52	52	49	0,97	0,93	0,91	
	25.01.83	71	59	58	0,80	1,00	0,80	62	62	61	0,99	0,99	0,98							
	04.10.83	71	61	61	0,86	1,00	0,86	67	65	65	0,94	1,00	0,94	56	57	57	1,00	0,99	0,99	
	13.01.84	57	53	51	0,93	0,96	0,89	56	58	55	1,06	0,94	1,00	53	53	44	1,01	0,82	0,83	
Campinas	11.02.85	67	59	58	0,89	0,99	0,89	66	62	62	1,00	0,99	0,99	57	53	49	1,00	0,93	0,93	
	23.01.86												56	52	47	1,02	0,90	0,92		
	16.12.81	59	54	53	0,91	0,97	0,89	60	59	56	0,97	0,96	0,93	50	52	47	0,95	0,90	0,89	
	25.03.82	81	73	73	0,93	1,00	0,92	69	76	76	1,07	1,00	1,07							
	15.10.82	71	55	54	0,81	0,98	0,79													
	24.02.83	63	58	58	0,93	0,99	0,92	58	62	61	1,01	0,99	0,99							
Londrina	28.11.83	58	53	50	0,88	0,95	0,83	56	58	54	0,97	0,94	0,91	61	54	42	0,96	0,79	0,75	
	22.03.84	65	60	60	0,94	1,00	0,93	60	64	63	1,06	0,99	1,05	52	53	51	1,06	0,96	1,02	
	26.02.85	65	56	55	0,93	0,99	0,92	60	60	58	1,01	0,97	0,98	50	52	45	1,02	0,86	0,88	
	30.10.81	64	55	53	0,87	0,97	0,85	60	59	57	0,98	0,96	0,94	48	52	45	1,00	0,86	0,86	
	16.11.81	62	55	53	0,84	0,97	0,81													
	16.12.81	59	54	52	0,91	0,96	0,88													
Londrina	13.01.82	63	54	52	0,89	0,96	0,86													
	15.02.82	60	56	55	0,92	0,98	0,90													
	26.02.82	65	59	59	0,88	1,00	0,88	59	62	61	1,06	0,99	1,05	47	52	48	1,14	0,92	1,04	
	17.08.82	80	67	67	0,86	1,00	0,86													
	28.09.82	70	56	55	0,82	0,99	0,81							50	52	47	0,99	0,91	0,89	
	08.11.82	63	55	53	0,85	0,97	0,83	59	59	57	1,00	0,96	0,96	53	52	47	1,00	0,89	0,89	
	12.11.82													49	52	47	1,00	0,89	0,89	
	09.02.83	63	54	53	0,86	0,97	0,84	59	59	56	1,02	0,96	0,98							
28.02.83													46	52	47	1,05	0,90	0,94		
11.03.83													50	53	50	1,03	0,95	0,98		
17.02.84	68	55	54	0,83	0,98	0,82	63	59	57	0,96	0,96	0,92	52	52	46	0,99	0,88	0,87		

Verifica-se que o fator de correção (FT) para a linearidade entre desenvolvimento relativo e temperatura apresenta valores iguais ou muito próximos a 1,00 em todas as épocas de semeadura para as cultivares Cargill 33 e

IAC Anhandy, de modo que fica evidente não ter havido, para ambas, desvios acentuados nessa resposta linear, não exigindo grandes correções para esse fator.

Por outro lado, para a cultivar Cargill 33 o fator de correção para a disponibilidade hídrica (FH) apresenta valores entre 0,77 e 0,94, enquanto para a IAC Anhandy varia entre 0,84 e 1,07, mostrando que essa correção se torna importante no cálculo de graus-dia. Comparando as duas cultivares, os modelos usados previam um efeito, e, conseqüentemente, uma correção maior para a Cargill 33, pois para a cultivar IAC Anhandy os valores de FH estiveram próximos de 1,00. Isso faz com que as diferenças entre a duração observada do subperíodo e a que teoricamente ocorreria se não houvesse problema de disponibilidade hídrica, sejam grandes na maior parte das épocas de semeadura na cultivar Cargill 33 (em 55% dos casos, um aumento entre 5 a 10 dias e em 28% entre 11 e 15 dias na duração do subperíodo), chegando-se a um caso extremo de 25 dias para a semeadura de 08.08.85 para Campos Novos.

Para a cultivar Issanka ocorreu algo no sentido contrário, pois os valores de FH são sempre próximos de 1,00, enquanto que os de FT, embora não se afastem consideravelmente de 1,00 na maioria das épocas de semeadura, apresentaram em três épocas, 28.11.83 e 26.02.85 para Campinas e 13.01.84 para Chapecó, valores que refletem desvio da linearidade entre desenvolvimento relativo e temperatura, pelo fato de a temperatura do ar ter ultrapassado nos períodos correspondentes o valor em que se obtém o máximo DR.

Ressalte-se o fato de que os valores de NT não refletem necessariamente a duração esperada daquele subperíodo nos casos em que FT desvia-se do valor unitário, mas são apenas decorrentes da correção feita para que se respeite o conceito original de graus-dia nas diferentes épocas e locais de semeadura. A resposta real do desenvolvimento à temperatura do ar foi primordialmente de forma quadrática para esse subperíodo (MASSIGNAM & ANGELOCCI, 1993). Por outro lado, o valor de NH estima o valor teórico da duração do subperíodo no caso de não haver problemas de disponibilidade hídrica, ainda que seu uso carregue os erros introduzidos na estimativa pelo modelo de regressão entre a duração do subperíodo e os fatores do ambiente estudado, além daqueles originados pela adoção da hipótese de que a disponibilidade hídrica ideal somente ocorre quando ETR/ETP é igual a 1,00 e quando DEF e EXC são nulos.

A Tabela 2 mostra os valores de temperatura-base (TB) estimados pelos diferentes métodos para as três cultivares. Para o subperíodo emergência-floração, o uso de graus-dia corrigidos na estimativa pelos métodos de menor variabilidade e de regressão originou valores superiores de TB nas cultivares Cargill 33 e Issanka e inferior na cultivar IAC Anhandy, quando comparados com os valores originários de graus-dia sem correção. A diferença entre a temperatura-base obtida através dos graus-dia com e sem correção foi de 1°C para a cultivar Cargill 33 e IAC Anhandy, enquanto para Issanka a diferença foi de 4 a 5°C para o método de menor variabilidade e de 6°C para o de regressão. A maior diferença na Issanka deve-se provavelmente ao maior desvio da linearidade da relação entre

DRH e temperatura, com o fator FT para a cultivar variando entre 0,79 e 1,00.

Tabela 2. Valores de temperatura-base (°C) de três subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol obtidos por cinco métodos.

Cultivar	Método	Subperíodo			
		E-F		F-C	E-C
		GD	GDC		
CARGILL 33	Menor variabilidade CV	8,0	9,0	-7,0	2,0
	Menor variabilidade SD	8,0	9,0	-8,0	2,0
	Menor variabilidade SDM	8,0	9,0	-7,0	2,0
	Regressão	8,0	9,0	-8,0	2,0
	Intersecção da abscissa	6,0	7,0	-11,0	-0,2
IAC ANHANDY	Menor variabilidade CV	9,0	8,0	-6,0	0,0
	Menor variabilidade SD	9,0	8,0	-6,0	-1,0
	Menor variabilidade SDM	9,0	8,0	-6,0	0,0
	Regressão	8,0	8,0	-8,0	-1,0
	Intersecção da abscissa	5,3	6,2	-13,5	-4,1
ISSANTA	Menor variabilidade CV	5,0	9,0	2,0	4,0
	Menor variabilidade SD	4,0	9,0	1,0	3,0
	Menor variabilidade SDM	5,0	9,0	2,0	4,0
	Regressão	4,0	10,0	-1,0	3,0
	Intersecção da abscissa	2,0	8,2	-6,0	0,7

E - F = subperíodo emergência-floração
 F - C = subperíodo floração-colheita
 E - C = subperíodo emergência-colheita
 GD = graus-dias sem fator de correção
 GDC = graus-dias corrigidos para disponibilidade hídrica e para a não-linearidade da relação desenvolvimento relativo versus temperatura do ar.

Em geral houve concordância entre os valores obtidos dentro do grupo de métodos de menor variabilidade para cada cultivar e subperíodo fenológico, o que é esperado por se tratarem de métodos com base teórica comum. Assim, por exemplo, a concordância total nos valores de TB para as três cultivares em cada subperíodo decorre do fato de que guardam entre si a relação $sd/cv = NUMM/100$. Houve uma concordância geral também, dos valores obtidos pelo método da regressão e os obtidos pelos de menor variabilidade, mas aqueles obtidos pelo método de intersecção da abscissa diferiram dos outros métodos.

Para o subperíodo emergência-floração, os valores de TB estimados a partir de graus-dia corrigidos variam de 8 a 10°C. Para o subperíodo floração-colheita e para o subperíodo emergência-colheita há diferenças nos valores de TB para as cultivares, apresentando valores negativos para a Cargill 33 e a IAC Anhandy. Essas diferenças e os valores negativos provavelmente sejam decorrentes do fato de a duração do subperíodo floração-colheita ter apresentado baixa correlação com a temperatura do ar (MASSIGNAM & ANGELOCCI, 1993). ANDERSON et al (1978) e GOYNE et al (1977) também encontraram temperaturas-base negativas para o girassol. Segundo ARNOLD (1959) a temperatura-base usada no sistema linear não coincide necessariamente com a temperatura-base fisiológica e GOYNE et al (1977) afirmam que temperaturas-base negativas determinadas por métodos estatísticos podem não ter significado fisiológico, pois o girassol é susceptível à geada depois do estágio de 6 a 8 folhas, sendo que temperaturas inferiores a -2,0°C podem destruir as plantas (ROBINSON, 1978).

A Tabela 3 mostra os valores de total de graus-dia exigidos para cada cultivar e subperíodo, calculados pelo uso da temperatura-base obtida pelo método de menor variabilidade (CV) e de menor variabilidade modificado (SDM). No sentido de obter valores de graus-dia de acordo com as condições impostas pelo conceito desse índice biometeorológico, os valores foram corrigidos pelo fator FTH.

Assim, os valores apresentados são os estimados para a ocorrência do subperíodo desde que não hajam problemas de disponibilidade hídrica e desde que a temperatura média do subperíodo não ultrapasse 19,5°C para a Issanka, 21,1°C para Cargill 33 e 21,3°C para IAC Anhandy. Se não atendidas essas exigências, a estimativa de duração desse subperíodo deve ser feita a partir de graus-dia corrigidos ou diretamente a partir das equações de regressão múltipla associando a duração do subperíodo à temperatura do ar e à parâmetros do balanço hídrico no solo.

Para o subperíodo floração-colheita não foram usados graus-dia corrigidos, por não se ter encontrado correlação entre a duração do subperíodo e os parâmetros do balanço hídrico. Ressalte-se que no subperíodo floração-colheita houve baixa correlação entre a sua duração e temperatura do ar, o que torna desaconselhável o uso de graus-dia e o que pode, também, explicar o maior desvio padrão dos valores de graus-dia obtidos nesse subperíodo em comparação aos da emergência-floração.

Tabela 3. Totais de graus-dia (GD) e de graus-dia corrigidos (GDC) para cada época de semeadura e cultivar, valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para cada subperíodo.

Local	Data da semeadura	cv CARGILL 33				cv IAC ANHANDY				cv ISSANKA			
		E-F		F-C		E-F		F-C		E-F		F-C	
		GD TB=8	GDC TB=9	GD TB=7	GD TB=2	GD TB=9	GDC TB=8	GD TB=6	GD TB=0	GD TB=5	GDC TB=9	GD TB=2	GD TB=4
Campos Novos	23.10.81	891	737	1337	2246	797	829	1367	2501	929	863	1022	1908
	10.02.82	933	771	1347	2211	800	896	1540	2559	929	695	1100	1920
	26.01.83	1017	776	945	2073	877	933	1023	2302				
	30.01.84	886	758	1350	2137	811	888	1357	2405	930	703	957	1817
	08.08.85	1061	738	1037	2420	923	860	912	2579	1032	864	923	1952
	27.01.86					811	879	943	2125	895	658	650	1521
Chapecó	21.10.81	912	723	1448	2324	791	833	1396	2457	952	882	1050	1958
	08.02.82			1460	2332			1479	2578	870	655	909	1715
	08.11.82	876	703	1211	2102	784	813	1295	2352	881	610	1043	1881
	25.11.83	990	734	1229	2204	822	863	1318	2379				
	04.10.83	907	721			785	802			838	608		
	13.01.84	920	768	1059	1970	847	902	1051	2162	1019	674	552	1564
	11.02.85	930	767	928	1900	853	910	1011	2169	984	702	739	1681
	18.07.85			1182	2552			1274	2883			893	2031
Campinas	23.11.86							1166	2358	1001	717	852	1813
	16.12.81	910	754			868	866			899	623		
	25.03.82	923	778			722	844						
	15.10.82	1023	805	1217	2375			1206	2597				
	24.02.83	907	776			777	831						
	28.11.83	940	734			847	820			1181	706		
	22.03.84	890	771	1338	2177	772	874	1197	2233	882	686	848	1689
	26.02.85			1138	2076	843	886	1222	2298	929	640	861	1735
	30.10.81	962	762			841	848			875	589		
	16.11.81	930	706	1366	2272								
Londrina	16.12.81	921	755	1258	2178								
	13.01.82	994	798	1209	2195								
	15.02.82	885	743										
	26.02.82	889	723			769	869			823	662		
	17.03.82	952	752										
	28.09.82	1052	775	1021	2169					884	611	770	1630
	08.11.82	971	753			842	868			957	664		
	12.11.82			1108	2081					886	615	836	1697
	21.01.83											745	1924
	09.02.83	974	761	1232	2161	855	892	1219	2329				
	28.02.83									814	594	652	1441
	21.03.83									846	632	607	1421
	23.01.84				2306				2580				2078
	17.02.84	1020	777	1497	2430	901	890	1439	2576	962	655	1072	1970
	20.02.84				2267				2497				1809
	22.03.84				2130				2301				1695
MEDIA		947	754	1223	2212	823	865	1232	2419	925	655	852	1776
DESVIO-PADRAO		56,7	25,4	161,9	147,1	47,0	33,4	181,2	181,5	80,5	37,6	161,8	183,0
CV (%)		5,99	3,37	13,23	6,60	5,71	3,86	14,70	7,50	8,70	5,75	18,95	10,31

E-F = emergência-floração

F-C = floração-colheita

E-C = emergência-colheita.

CONCLUSÕES

1. Nas cultivares Cargill 33 e IAC Anhandy existe necessidade de correção do efeito da disponibilidade hídrica no solo na estimativa da temperatura-base, dos graus-dia e da duração do subperíodo emergência-floração.
2. Na cultivar Issanka existe necessidade de correção do desvio da linearidade entre desenvolvimento relativo e temperatura do ar acima de 19,5°C na estimativa da temperatura-base, dos graus-dia e na duração do subperíodo emergência-floração.
3. Os valores de temperatura-base determinados pelos métodos de menor variabilidade, da menor variabilidade segundo Arnold, da menor variabilidade modificado e da regressão não diferiram entre si.
4. A estimativa do subperíodo floração-colheita nas três cultivares através de graus-dia não se mostrou adequada devido à baixa correlação entre a duração desse subperíodo com a temperatura do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, W.K., SMITH, R.C.G., McWILLIAM, J.R. A systems approach to the adaptation of sunflower to new environments. I.Phenology and development. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.1, p.141-52, 1978.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.74, p.430-45, 1959.
- BROWN, D.M. Soybean Ecology. I.Development - temperature relationships from controlled environment studies. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.9, p.493-6, 1960.
- BRUNINI, O. Zoneamento agroclimático, materiais e métodos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, XIII, 1980, Londrina, PR.**Resumos...**, Londrina: IAPAR, 1980. p.162-87.
- BURIOL, G.A., MANARA, N.T.F., MANARA, W. Temperatura-base dos subperíodos emergência-floração e floração-maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lenz culinaris* Med.). **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.8, n.2, p.175-84, 1978.
- DAMARIO, E.A., PASCALE, A.J., BURIOL, G.A. Disponibilidade de calor para os cultivos no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.6, n.2, p.129-63, 1976.
- DAUBENMIRE, R.F. **Plants and environment: a textbook of plant autecology**. New York:John Wiley, 1947. 424p.
- GILMORE, E., ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, p.611-5, 1958.
- GOYNE, P.J., WOODRUFF, D.R., CHUR-CHETT, J.D. Prediction of flowering in sunflowers. **Australian**

Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Melbourne, v.17, p.475-81, 1977.

MASSIGNAM, A.M. **Determinação de temperatura-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. Piracicaba, 1987, 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1987.

MASSIGNAM, A.M., ANGELOCCI, L.R. Relação entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração dos subperíodos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, pi-pf, 1993.

ROBINSON, R.G. Production and culture. In: CARTER, J.F., ed. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.89-95.

VILLA NOVA, N.A., PEDRO JUNIOR, J.M. et al Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura-base em função das temperaturas máximas e mínimas. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v.30, p.1-8, 1972.

WANG, J.Y. A critique of heat unit approach to plant response studies. **Ecology**, Brooklin, v.41, n.4, p.785-90, 1960.