

ESTUDO PRELIMINAR DE UMA METODOLOGIA BASEADA EM GRAUS-DIA, PARA PREVISÃO DAS FASES FENOLÓGICAS DAS CULTURAS AGRÍCOLAS .

Jorim Sousa das VIRGENS FILHO¹, Maysa de Lima LEITE², João Domingos RODRIGUES³

RESUMO

Este trabalho foi concebido com o intuito de desenvolver uma metodologia, baseada em graus-dia, utilizando regressão linear, para previsão do aparecimento das fases fenológicas das culturas agrícolas. Um experimento foi conduzido, em casa de vegetação, utilizando-se 3 cultivares de caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp.). A metodologia, fundamentou-se numa “taxa de eficiência térmica relativa”, que foi determinada para cada planta. Os resultados mostraram que a metodologia proposta, pode ser uma alternativa viável em trabalhos envolvendo culturas agrícolas, pelo fato de não requerer a repetição do ensaio experimental.

INTRODUÇÃO

Um dos métodos mais utilizados para relacionar a temperatura e o desenvolvimento das plantas é o das unidades térmicas ou graus-dia, definido como a soma de temperatura, acima de uma temperatura basal, necessária para que a planta atinja uma determinada fase fenológica de seu desenvolvimento.

Cada espécie vegetal possui uma temperatura basal, que pode variar em função da fase fenológica, sendo comum no entanto, o emprego de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por facilitar sua aplicação. Segundo Robinson citado por Sentelhas et al. (1994), esta teoria também assume que tanto as temperaturas diurnas como as noturnas interferem no desenvolvimento do vegetal, e que os dados somente perdem sua confiabilidade sob condições de extremo ou prolongado estresse hídrico.

Este trabalho foi concebido com o intuito de relacionar a temperatura do ar e o aparecimento das fases fenológicas de culturas agrícolas, através do desenvolvimento de uma metodologia baseada em graus-dia, utilizando regressão linear. O estudo é de caráter preliminar, devendo ser reavaliado em futuras pesquisas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, um experimento foi conduzido, em casa de vegetação, no período de setembro a dezembro de 1996, na área experimental do Departamento de Botânica, UNESP, campus de Botucatu-SP.

O ensaio constituiu-se de 3 tratamentos, referentes a 3 cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) CALIFÓRNIA-781 (C1), TVx 5058-09C (C2) e IT 81D-1032 (C3). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 5 repetições, onde foram determinadas 3 fases fenológicas para o ciclo: Fase 1- Plantio/Floração; Fase 2 - Floração/Frutificação; Fase 3 - Frutificação/Maturação.

Durante o ciclo da cultura foram anotados, para cada planta de cada cultivar, os seguintes dados fenológicos: data de floração; data de frutificação; data de maturação (colheita). As temperaturas médias diárias (TMED24) foram calculadas com base na média das 24 temperaturas horárias, registrada pelo termohigrógrafo. A temperatura basal (Tb) adotada para todas as fases do ciclo foi 10 °C, temperatura esta recomendada também para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (Doorembos & Kassam, 1979).

O acúmulo de graus-dia (GDA) para cada fase fenológica, foi determinada para cada planta das cultivares estudadas, através da equação:

$$GDA = \sum_{i=1}^n (TMED24 - Tb) \dots\dots\dots (1)$$

A metodologia proposta para obtenção dos modelos de determinação das fases fenológicas, foi baseada numa “taxa de eficiência térmica relativa - (TETr)”, que foi determinada para cada planta, como uma relação entre os GDA da planta que obteve a menor duração da fase (em dias), com os GDA das demais. O

¹ Mestrando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, UNESP, CEP 18603-970, Botucatu-SP, Brasil.

² Doutoranda em Agronomia, Depto. de Agricultura, UNESP, CEP 18603-970, Botucatu-SP, Brasil.

³ Prof. Adjunto, Depto. de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, CEP 18618-000, Botucatu-SP, Brasil.

conceito de *taxa de eficiência térmica relativa* de uma planta, pressupõe que embora a temperatura média do ar dentro de um ambiente seja a mesma para todas as plantas, uma ou mais plantas conseguem obter uma maior eficiência térmica que as demais, a qual é constatada pelo encurtamento da fase fenológica. Assim sendo, uma forma razoável de se quantificar esta $TETr_i$, é determinando-se a relação que existe entre a planta que conseguiu completar a fase fenológica em menor espaço de tempo, com as outras que completaram a mesma fase em maior tempo. Esta relação pode ser descrita pela equação :

$$TETr_i = 1 + \frac{GDA_{min} - GDA_i}{GDA_{min}} \dots\dots\dots(2)$$

onde : $TETr_i$ = Taxa de eficiência térmica relativa de cada planta da cultivar analisada;
 GDA_{min} = Graus-dia acumulado da planta que obteve a menor duração da fase fenológica (em dias);

GDA_i = Graus-dia acumulado para cada planta da cultivar analisada.

É importante observar que a $TETr_i$ será igual a unidade, quando GDA_i for igual ao GDA_{min} . Depois de se estimar todas as $TETr_i$, para cada cultivar em cada fase, constatou-se que existe uma relação linear entre as mesmas, e a duração (em dias) da fase fenológica. Diante disso, obteve-se uma equação do tipo :

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(3)$$

onde: Y = Duração da fase fenológica;
 a = Duração máxima teórica da fase fenológica (coeficiente linear da regressão);
 b = coeficiente de encurtamento da duração da fase fenológica (coeficiente angular da regressão);
 x = taxa de eficiência térmica relativa.

Por sua vez, se a $TETr$ é derivada das temperaturas médias da planta que obteve a menor duração da fase fenológica e das temperaturas médias das demais plantas, então podemos expressar “x” como uma relação entre as temperaturas médias da planta que obteve a melhor eficiência, com as temperaturas médias das demais. Diante disso, o modelo final para previsão da duração das fases fenológicas das culturas agrícolas é dado por :

$$Y = a + b (TMED/(TMED_{pme} + DEVPAD_{pme})) \dots\dots\dots(4)$$

onde: Y , a e b são os mesmos da equação (3);
 $TMED$ = Temperatura média do ar;
 $TMED_{pme}$ = Temperatura média da planta de melhor eficiência no ensaio;
 $DEVPAD_{pme}$ = Desvio Padrão das temperaturas médias diárias da planta de melhor eficiência no ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1,2 e 3 apresentam as $TETr$, DIAS e GDA para cada planta de cada cultivar e respectiva fase fenológica. Observa-se que nas fases fenológicas 2 e 3 existem plantas de uma mesma cultivar, que levaram o mesmo tempo (em dias) para completarem a fase, porém com os respectivos GDA diferentes e conseqüentemente as $TETr$ também diferentes. Isso deve-se ao fato de que as plantas concluíram a fase anterior em dias diferentes. Na Tabela 4 são apresentadas as $TMED_{pme}$ e $DEVPAD_{pme}$ para cada cultivar em cada fase.

Tabela 1 - Fase 1 - Plantio/Floração.

C1			C2			C3		
TETr	DIAS	GDA	TETr	DIAS	GDA	TETr	DIAS	GDA
1.0000	44	406.1	1.0000	44	406.1	1.0000	45	415.0
0.7848	53	493.5	0.7703	54	499.4	0.7769	56	508.8
0.9756	45	416.0	0.9242	47	436.9	0.8137	53	493.5
0.9049	48	444.7	0.8830	49	453.6	0.8137	53	493.5
0.9512	46	425.9	0.9512	46	425.9	0.9762	46	425.9
0.9242	47	436.9	0.9242	47	436.9	0.9498	47	436.9
0.9512	46	425.9	0.9756	45	416.0	1.0000	45	416.0
0.9242	47	436.9	0.8606	50	462.7	0.9410	48	444.7
0.9756	45	416.0	0.9512	46	425.9	0.9310	48	444.7
0.9512	46	425.9	0.7848	53	493.5	0.9096	49	453.6

Tabela 2 - Fase 2 - Floração/Frutificação.

C1			C2			C3		
TETr	DIAS	GDA	TETr	DIAS	GDA	TETr	DIAS	GDA
0.3073	20	167.7	0.4731	23	193.3	0.9704	20	166.8
0.9239	19	151.3	1.0000	16	126.6	0.5525	25	234.5
0.7518	21	175.5	0.5821	22	179.5	0.7228	24	206.9
0.8997	19	154.7	0.6382	21	172.4	0.5117	27	241.1
0.8222	20	165.6	0.4194	24	280.1	0.8048	22	180.8
0.8442	20	162.5	0.4352	24	198.1	0.6364	26	220.9
1.0000	17	140.6	0.2701	26	219.0	0.9704	20	166.8
0.9623	18	145.9	0.6390	21	172.3	1.0000	20	162.0
0.6956	22	205.4	0.6295	21	173.5	0.9401	21	171.7
0.6451	23	190.5	0.5979	21	177.5	0.4765	28	246.0

A Tabela 5 mostra os parâmetros **a** e **b** e respectivos r^2 da regressão linear, relacionando as TETr e duração da fase, para cada cultivar e fase fenológica. O termo **b*** é o parâmetro b modificado pela equação (4).

Verifica-se pela Tabela 6 que a modelagem para previsão das fases fenológicas das cultivares de caupi estudadas, obteve boa aproximação, quando comparada com os dados reais observados.

Tabela 3 - Fase 3 - Frutificação/Maturação.

C1			C2			C3		
TETr	DIAS	GVX	TETr	DIAS	GVX	TETr	DIAS	GVX
0.5840	1.7	169.2	0.5328	1.1	111.8	0.7078	1.5	157.8
0.4780	1.5	159.1	8.5748	18	188.6	0.5218	1.2	122.2
1.8888	1.2	119.7	8.7549	9	94.8	1.8800	8	84.7
8.7893	1.5	154.5	8.4686	11	117.3	0.7639	1.8	184.7
8.7318	1.5	151.8	0.8819	8	85.2	0.4988	1.2	127.9
8.4865	1.5	166.8	1.0888	7	76.2	8.2751	14	146.1
0.5957	1.7	168.1	0.8517	8	87.5	8.8272	17	167.1
0.7318	1.5	151.8	8.5787	10	108.3	8.8812	17	169.3
8.6065	1.6	164.8	0.1115	14	143.9	8.8853	16	168.7
0.5906	1.6	168.7	0.0971	14	145.0	0.3369	1.4	145.2

Tabela 4 - Temperatura média da planta de melhor eficiência (TMED_{pme}) e Desvio padrão das temperaturas médias diárias (DEVPAD_{pme}) da planta de melhor TETr, para cada cultivar e fases fenológicas.

	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
	TMED _{pme}	DEVPAD _{pme}	TMED _{pme}	DEVPAD _{pme}	TMED _{pme}	DEVPAD _{pme}
C 1	19.2	2.3	19.2	1.9	20.0	1.3
C 2	19.2	2.3	17.9	1.6	19.9	1.6
C 3	19.2	2.8	19.1	1.7	20.6	1.3

Tabela 5 - Coeficiente linear (a), coeficiente angular (b), coeficiente de determinação (r^2) e coeficiente angular (**b***) modificado pela equação (4), da regressão linear para cada cultivar e fase fenológica.

	FASE 1				FASE 2				FASE 3			
	a	b	r ²	b*	a	b	r ²	b*	a	b	r ²	b*
C1	85.79	-41.84	0.99	-1.90	32.78	-15.42	0.98	-0.77	22.84	-10.80	0.93	0.50
C2	87.0*	-43.19	0.99	-1.86	29.73	-13.78	0.99	-0.71	14.76	-7.80	0.99	0.35
C3	91.08	-46.24	0.99	-2.10	34.39	-14.47	0.96	-0.73	16.60	-8.78	0.98	0.40

Observa-se também que na previsão da fase 1 houve uma superestimação média de 2 dias, enquanto que nas fases 2 e 3 houve uma subestimação média de 2 dias, para cada cultivar. Quando da simulação de dias necessários para cada fase, com temperaturas médias variando em 1°C (Tabela 7), constatou-se que na fase 1 a cada 1°C aumentado na temperatura média, a fase é encurtada em média 2 dias, na fase 2 a cada 1°C aumentado na TMED, a fase é encurtada em média 1 dia; já na fase 3 o encurtamento da fase é de 1 dia para cada 2°C aumentado na TMED.

Tabela 6 - Temperatura média do ar em cada fase (TMED), Total médio de dias observado em cada fase (TDO), Total médio de dias estimado pelo modelo em cada fase (TDM), para todas as cultivares estudadas.

	FASE 1			FASE 2			FASE 3		
	TMED	TDO	TDM	TMED	TDO	TDM	TMED	TDO	TDM
C 1	19.3	47	49	18.4	20	19	19.9	15	15
C 2	19.3	45	49	18.5	22	19	20.3	10	8
C 3	19.3	49	51	18.6	23	21	20.3	14	9

Tabela 7 - Duração de cada fase fenológica, segundo o modelo, para cada cultivar, diante das TMED simuladas.

	FASE1					FASE2					FASE3				
	17.3	18.3	19.3	20.3	21.3	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4	15.1	16.2	17.2	18.2	19.2
C1	53	51	49	47	45	20	19	19	18	17	14	13	13	12	12
C2	53	51	49	47	45	18	17	17	16	15	8	8	8	7	7
C3	55	53	51	48	46	22	22	21	20	19	9	9	9	8	8

CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados alcançados e o fato de que o presente estudo foi de caráter preliminar, a metodologia apresentada se mostrou como uma alternativa viável em trabalhos, envolvendo culturas agrícolas, pelo fato de não requerer a repetição do ensaio experimental. Os modelos obtidos apresentaram boa aproximação na previsão das fases fenológicas das cultivares de caupi analisadas, em condições ambientais pouco controladas.

BIBLIOGRAFIA

- DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução por H.R. GHEYI, A.A. de SOUSA, F.A.V. DAMASCENO, J.F. de MEDEIROS. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.
- SENTELHAS, P.C., NOGUEIRA, S.S.S., PEDRO JÚNIOR, M.J. et al. Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Rev. Bras. de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 43-49, 1994.