

USO DE GRAUS-DIA PARA ESTIMAR A DATA DE OCORRÊNCIA DOS PRINCIPAIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SUBGRUPOS DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL

Silvio Steinmetz¹; Ariano Martins de Magalhães Júnior²; Paulo Ricardo Reis Fagundes²; José Alberto Petríni³; Ivan Rodrigues de Almeida⁴; Walkyria Bueno Scivittaro²; Bernadete Radini⁵; Solimar Damé Prestes⁶; Matheus Fernandes da Silva⁷

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., soma térmica, temperatura do ar, fases de desenvolvimento da planta.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da época de ocorrência dos distintos estádios fenológicos da planta de arroz é de grande importância para o planejamento das práticas de manejo a serem usadas na lavoura. Dentre esses estádios, destacam-se o de quatro folhas (V_4) - primeira adubação nitrogenada em cobertura e entrada definitiva da água de irrigação; o de diferenciação da panícula (R_1) - segunda adubação nitrogenada em cobertura; do estágio de emissão da folha bandeira ou emborrachamento (R_2) ao estágio de início de floração (R_4) - elevação do nível da água para diminuir o efeito do frio e aplicação de fungicida para controle de brusone; e o de maturação completa (R_9) – indicativo da época de colheita, que pode ser feita neste estágio ou um pouco antes (COUNCE et al., 2000; SOSBAI, 2007).

O problema é que a ocorrência desses estádios e, em especial o de diferenciação da panícula (R_1), é muito variável, por ser dependente da temperatura (STANSEL, 1975). Por isso, é preferível expressar-se o estágio R_1 e os demais estádios de desenvolvimento da planta em dias, porém estimado por meio de graus-dia (GD), ou soma térmica, do que em número de dias do calendário civil (STRECK et al., 2006; STEINMETZ et al., 2010).

A partir da determinação das exigências térmicas de cada cultivar para atingir os distintos estádios de desenvolvimento da planta (STEINMETZ et al. 2009) é possível fazer-se a estimativa climatológica da data de ocorrência de cada um dos principais estádios, usando-se, apenas, a temperatura média do ar, como o fizeram Steinmetz et al. (2010) para a diferenciação da panícula.

O objetivo deste trabalho foi estimar, pelo método de graus-dia, a data de ocorrência de seis estádios de desenvolvimento da planta, de seis subgrupos de cultivares de arroz irrigado, em 17 localidades produtoras do Rio Grande do Sul, visando o planejamento de práticas de manejo da lavoura.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados diários de temperaturas máxima e mínima do ar de 17 estações meteorológicas situadas nas regiões produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS). Usou-se o período de 30 anos (1976-2005) para a maioria das localidades. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO).

¹ Eng. Agrôn., Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, CEP 96001-970, Pelotas-RS, silvio.steinmetz@embrapa.br

² Eng. Agrôn., Doutor(a), Pesquisador(a) da Embrapa Clima Temperado

³ Eng. Agrôn., Mestre, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado

⁴ Geógrafo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado

⁵ Eng. Agrôn., Doutora, Pesquisadora da Fepagro

⁶ Meteorologista, Coordenador do 8º DISME/Inmet

⁷ Estudante de Engenharia Eletrônica, bolsista da Embrapa Clima Temperado

A equação usada para o cálculo de graus-dia foi:

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_m - T_b)$$

em que: GD (°C dia) representa o somatório da diferença entre a temperatura média diária (T_m) e a temperatura base (T_b) de 11 °C (INFELD et al., 1998), da emergência (i=1) à cada um dos estádios (n). A temperatura média diária do ar foi obtida pela média aritmética entre as temperaturas máxima e mínima. Antes de calcular-se a temperatura média diária, foram aplicados os limites de 34 °C e de 21 °C (SLATON et al., 1996), respectivamente, para as temperaturas máxima e mínima.

As exigências térmicas médias, da emergência das plântulas (50%) até os estádios V₄, R₁, R₂, R₄, R₈ e R₉, para seis subgrupos de cultivares, obtidas por Steinmetz et al. (2009), durante quatro safras agrícolas (2004/05 – 2007/08), estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Graus-dia (°C dia) da emergência aos principais estádios de desenvolvimento de seis subgrupos de cultivares de arroz irrigado.

Subgrupo	Graus-dia (°C dia) da emergência ao estádio					
	V ₄	R ₁	R ₂	R ₄	R ₈	R ₉
Muito Precoce 1 (MP1)	162	459	664	802	1016	1091
Muito Precoce 2 (MP2)	197	512	736	893	1129	1210
Precoce 1 (P1)	195	627	852	1020	1240	1324
Precoce 2 (P2)	168	673	920	1091	1319	1422
Médio 1 (M1)	179	718	964	1121	1345	1444
Médio 2 (M2)	188	735	986	1146	1381	1446

Cultivares/Subgrupo: MP1: IRGA 421; MP2: BRS Atalanta; BRS Ligeirinho; P1: BRS 6 "Chuí"; BRS Querência; BRS Firmeza; P2: IRGA 417; Inov; Avaxi; M1: BR-IRGA 410; BRS Pelota; IRGA 422CL; M2: BRS Fronteira; BRS 7 "Taim"; BRS Bojuru; El Paso L.144. Para R₁ foram incluídas em P2: BRS Pampa e IRGA 423, em M1: BRS Sinuelo CL e Arize QM 1003 e em M2: IRGA 424.

Estádios: V₄: 4 folhas; R₁: diferenciação da panícula; R₂: formação do colar da folha bandeira; R₄: antese (uma ou mais espiguetas); R₈: maturidade de um grão isolado; R₉: maturidade completa dos grãos da panícula.

Usando-se a equação acima, os dados diários de temperatura média diária da série histórica, as exigências térmicas para cada um dos subgrupos e um programa em VBA (Visual Basic for Applications), utilizado dentro da planilha Excel, calcularam-se o número médio de dias após a emergência para atingir cada um dos seis estádios e o desvio padrão dessa média.

Estabeleceram-se, também, a data média em que cada estádio ocorreu e o intervalo de datas oriundo do desvio padrão. Os cálculos foram feitos considerando-se variações diárias nas datas de emergência no período de 1º de setembro a 15 de dezembro. Neste trabalho, a título de exemplo, são apresentados os resultados para o subgrupo de ciclo médio 1 (M1) em três situações, ou seja, semeadura antecipada (emergência em 1º de outubro), semeadura intermediária (emergência em 3 de novembro) e semeadura tardia (emergência em 3 de dezembro).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 indica que o número médio de dias para atingir a diferenciação da panícula (R₁) em Uruguaiana, por exemplo, variou de 68 a 50 quando a emergência ocorreu, respectivamente, em 1º de outubro e em 3 de dezembro. A razão desse comportamento é que as temperaturas médias do ar (T_{ar}) tendem a aumentar do início para o fim da primavera. Nessa localidade, Steinmetz et al. (2010) verificaram que a média histórica da T_{ar} aumentou de 19,2 °C no primeiro decêndio de outubro para 23,9 °C no primeiro

decêndio de dezembro. Com esse aumento de temperatura, a soma térmica exigida pelas plantas de arroz é atingida em um menor número de dias.

Selecionando-se a data de emergência de 3 de novembro, em Capão do Leão (Pelotas), verifica-se, por exemplo, que a diferenciação da panícula (R_1) ocorreu aos 66 dias após a emergência, com um desvio padrão de ± 3 dias, que corresponde ao dia 8 de janeiro, podendo variar de 5 a 11 de janeiro (Tabela 2). Já a maturação completa dos grãos (R_9) ocorreu aos 124 dias após a emergência (Tabela 3). Para essa mesma data de emergência, o estádio R_1 ocorreu, respectivamente, aos 56 dias e 73 dias após a emergência para Uruguaiana e Santa Vitória do Palmar. Já o estádio R_9 ocorreu, nessas duas localidades, respectivamente, aos 108 dias e 136 dias após a emergência. Isso se deve ao fato que, durante a primavera e o verão, as temperaturas médias do ar são mais altas em Uruguaiana do que em Santa Vitória do Palmar e intermediárias em Capão do Leão (STEINMETZ et al., 2010).

Tabela 2. Número médio de dias da emergência aos estádios de quatro folhas (V_4), diferenciação da panícula (R_1) e formação do colar na folha bandeira (R_2), com o respectivo desvio padrão, e data média de ocorrência desses três estádios, para o subgrupo de cultivares de arroz irrigado de ciclo médio 1 (M1), em três datas de emergência, em três localidades do Rio Grande do Sul.

Ciclo Médio 1 (M1)								
Localidade	Emergência	V_4		R_1		R_2		
		Nº dias	Data	Nº dias	Data	Nº dias	Data	
Capão do Leão (Pelotas)	01/out	24 (± 4)	25/10 (21/10-29/10)	80 (± 5)	19/12 (14/12-24/12)	100 (± 4)	09/01 (05/01-13/01)	
	03/nov	18 (± 2)	20/11 (18/11-22/11)	66 (± 3)	08/01 (05/01-11/01)	86 (± 4)	27/01 (23/01-31/01)	
	03/dez	14 (± 2)	17/12 (15/12-19/12)	58 (± 3)	30/01 (27/01-02/02)	78 (± 4)	19/02 (15/02-23/02)	
Santa Vitória do Palmar	01/out	30 (± 3)	30/10 (27/10-02/11)	90 (± 3)	29/12 (26/12-01/01)	111 (± 4)	20/01 (16/01-24/01)	
	03/nov	21 (± 2)	24/11 (22/11-26/11)	73 (± 4)	15/01 (11/01-19/01)	94 (± 4)	05/02 (01/02-09/02)	
	03/dez	16 (± 2)	19/12 (17/12-21/12)	64 (± 4)	04/02 (31/01-08/02)	85 (± 5)	26/02 (21/02-03/03)	
Uruguaiana	01/out	19 (± 3)	20/10 (17/10-23/10)	68 (± 4)	07/12 (03/12-11/12)	86 (± 4)	25/12 (21/12-29/12)	
	03/nov	15 (± 2)	17/11 (15/11-19/11)	56 (± 3)	29/12 (26/12-01/01)	73 (± 3)	15/01 (12/01-18/01)	
	03/dez	12 (± 1)	14/12 (13/12-15/12)	50 (± 2)	21/01 (19/01-23/01)	67 (± 3)	08/02 (05/02-11/02)	

M1: BR-IRGA 410; BRS Pelota; IRGA 422CL além de BRS Sinuelo CL e Arize QM 1003 para o estádio R_1 .

Tabela 3. Número médio de dias da emergência aos estádios de antese (R_4), início de maturação (R_8) e maturação completa (R_9), com o respectivo desvio padrão, e data média de ocorrência desses três estádios, para o subgrupo de cultivares de arroz irrigado de ciclo médio 1 (M1), em três datas de emergência, em três localidades do Rio Grande do Sul.

Ciclo Médio 1 (M1)								
Localidade	Emergência	R_4		R_8		R_9		
		Nº dias	Data	Nº dias	Data	Nº dias	Data	
Capão do Leão (Pelotas)	01/out	113 (± 4)	21/01 (17/01-25/01)	130 (± 5)	08/02 (03/02-13/02)	138 (± 5)	16/02 (11/02-21/02)	
	03/nov	98 (± 4)	09/02 (05/02-13/02)	116 (± 4)	27/02 (23/02-03/03)	124 (± 4)	07/03 (03/03-11/03)	
	03/dez	91 (± 4)	03/03 (27/02-07/03)	110 (± 5)	22/03 (17/03-27/03)	120 (± 6)	01/04 (26/03-07/04)	
Santa Vitória do Palmar	01/out	124 (± 4)	02/02 (29/01-06/02)	144 (± 5)	21/02 (16/02-26/02)	153 (± 5)	02/03 (25/02-07/03)	
	03/nov	108 (± 5)	18/02 (13/02-23/02)	127 (± 5)	10/03 (05/03-15/03)	136 (± 6)	19/03 (13/03-25/03)	
	03/dez	99 (± 5)	11/03 (06/03-16/03)	122 (± 7)	03/04 (27/03-10/04)	134 (± 10)	16/04 (06/04-26/04)	
Uruguaiana	01/out	97 (± 4)	05/01 (01/01-09/01)	112 (± 5)	21/01 (16/01-26/01)	119 (± 5)	28/01 (23/01-02/02)	
	03/nov	84 (± 4)	26/01 (22/01-30/01)	100 (± 4)	11/02 (07/02-15/02)	108 (± 4)	18/02 (14/02-22/02)	
	03/dez	79 (± 3)	19/02 (16/02-22/02)	95 (± 4)	08/03 (04/03-12/03)	103 (± 4)	16/03 (12/03-20/03)	

M1: BR-IRGA 410; BRS Pelota; IRGA 422CL.

A etapa seguinte deste estudo será a validação dos resultados obtidos, pois embora a temperatura do ar seja o fator preponderante, existem outros fatores associados ao manejo da cultura que podem afetar o ciclo da planta. Esse processo de validação, especificamente para o estádio de diferenciação da panícula, foi feito nas safras 2011/12 e 2012/13 por meio de uma parceria entre a Embrapa Clima Temperado e o IRGA, com o apoio de outras instituições. Falta, portanto, validar os resultados obtidos para os demais estádios.

Os resultados deste estudo podem constituir-se em ferramenta de planejamento, antecipado, das práticas de manejo a serem empregadas de acordo com o desenvolvimento das plantas na lavoura. Um complemento desejável deste trabalho seria corrigir as datas

estimadas pelo método de graus-dia com os dados de temperatura do ar do ano da safra, como é feito com o programa DD50, nos EUA (SLATON et al., 1996)

CONCLUSÃO

A data de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento da planta, estimada pelo método de graus-dia, é influenciada pela época de semeadura (emergência) e pelas diferenças regionais de temperatura, sendo retardada nas semeaduras antecipadas e nas regiões mais frias e antecipada nas semeaduras tardias e nas regiões mais quentes;

É possível usar-se a estimativa climatológica das datas médias de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento da planta geradas neste trabalho para planejar, com antecedência, as práticas de manejo associadas com os respectivos estádios de desenvolvimento da planta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FEPAGRO e ao 8º DISME/INMET, pela cedência dos dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000.

INFELD, J. A.; SILVA, J. B. da; ASSIS, F. N. de. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 187-191, dez. 1998.

SLATON, N. A.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R.; MILLER, D. M.; HELMS, R. S.; BEYROUTY, C. A.; WILSON JUNIOR, C. E. Efficient use of fertilizer. In: HELMS, R. S. (Ed.). **Rice production handbook**. Little Rock: University of Arkansas, 1996. p. 42-54. (Miscellany publication, 192).

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, 2007. 154p.

STANSEL, J.W. **Effective utilization of sunlight**. In: TEXAS AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION. Six decades of rice research in Texas. College Station. Texas A&M University System, 1975. p. 43-50 (Research monograph, 4).

STEINMETZ, S.; FAGUNDES, P.R.R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; SCIVITTARO, W.B.; DEIBLER, A.N.; ULGUIM, A.R.; NOBRE, F.L.L.; PINTANEL, J.B.A.; OLIVEIRA, J.G.; SCHNEIDER, A.B. **Soma térmica e número de dias para atingir os principais estádios de desenvolvimento de 16 cultivares de arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).

STEINMETZ, S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; FAGUNDES, P.R.R.; SCIVITTARO, W.B.; ALMEIDA, I.R.; REISSER JÚNIOR, I.; DEIBLER, A.N.; MATZENAUER, R.; RADIN, B.; PRESTES, S.D.; SILVA, M.F. **Uso de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula (DP) de seis subgrupos de cultivares de arroz irrigado visando à adubação nitrogenada em cobertura no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 75p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121).

STRECK, N.A.; BOSCO, L.C.; MICHELON, S.; WALTER, L.C.; MARCOLIN, E.. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas do colmo principal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1086-1093, jul-ago, 2006