



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

GD Arroz: programa baseado em graus-dia para o planejamento e tomada de decisão no manejo da adubação nitrogenada em cobertura em arroz irrigado



Silvio Steinmetz¹; Santiago Vianna Cuadra²; Cristóvão Basílio Pereira³; Emerson Langie dos Santos⁴; Ivan Rodrigues de Almeida⁵

¹ Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, Fone (53) 3275 8270, silvio.steinmetz@embrapa.br

² Meteorologista, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS

³ Analista de Sistemas, Pós-Graduado, Analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS

⁴ Cientista da Computação, Analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS

⁵ Geógrafo, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi caracterizar os fundamentos e a forma de utilização de um programa operacional, baseado em graus-dia, para estimar a data da diferenciação da panícula (DP) de subgrupos de cultivares de arroz irrigado, visando auxiliar no manejo da adubação nitrogenada em cobertura (ANC). O programa utiliza, como informações de entrada: 17 localidades, 7 subgrupos de cultivares, e data de emergência. Na “Consulta por localidades”, os campos indicados por “Média (30 anos)”, referem-se ao número de dias da emergência à diferenciação da panícula (E-DP) e à data em que a DP deve ocorrer, considerando-se a série de 30 anos de dados temperatura média diária do ar (Tm). O número de dias do subperíodo E-DP e a data em que a DP deve ocorrer, considerando-se os dados de Tm do ano da safra estão indicados em “Safra”. Por último, no campo “Desvio da média (dias)” é indicado o número de dias em que a DP é antecipada, ou atrasada, usando-se a Tm da safra comparado com a da Tm de 30 anos. Na “Consulta por mapas”, pode-se visualizar o número de dias da emergência à DP não apenas da localidade mas, também, das demais localidades. A Tm (30 anos) foi obtida junto à Fepagro e ao INMET e a Tm (safra) junto ao INMET. A validação do método de graus-dia para estimar a data da DP foi feita, em parceria com o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), durante duas safras agrícolas (2011/2012 e 2012/2013), envolvendo 92 lavouras, situadas nas principais regiões produtoras. A validação do programa GD Arroz, após a sua disponibilização na internet (www.cpact.embrapa.br/agromet; Graus-dia Arroz), em caráter experimental, foi feita na safra 2014/2015, também em parceria com o IRGA. Acredita-se que o GD Arroz pode ser uma ferramenta de grande utilidade para auxiliar os produtores tanto no planejamento como na tomada de decisão sobre o momento de aplicar a ANC no arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa L.*, soma térmica, fase vegetativa

GD Rice: program based on growing degree-days for planning and making decision on nitrogen topdressing in irrigated rice

ABSTRACT: The aim of this work was to characterize the principles and the way to use an operational program, based on growing degree-days, to estimate the date of panicle differentiation (PD) of subgroups of irrigated rice cultivars, aiming to help farmers on nitrogen topdressing (ANC). The program uses as input information on: 17 localities, 7 subgroups of cultivars, and emergency data. In "Query by localities," the fields indicated by "average (30 years)," refer to the number of days from emergence to panicle differentiation (E-PD) and the date on which the PD should occur, considering the series of 30 years of daily average air temperature data (Tm). The number of days of the sub-period E-PD and the date on which the PD should occur, considering the data of Tm of the year of cultivation are indicated in "Crop season". Finally, in the field "Deviation from average (days)" it is indicated the number of days in which the PD is ahead, or late, using the Tm of the crop season compared to the Tm of 30 years. In the "Query by maps", it is possible to see the number of days from emergence to PD not only of the

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

selected but also of the other localities. The Tm (30 years) was obtained at Fepagro and at INMET and the Tm (crop season) at INMET. The validation of the growing degree-days method to estimate the date of PD was made, in partnership with the State Rice Institute of Rio Grande do Sul (IRGA), during two crop seasons (2011/2012 and 2012/2013), involving 92 rice fields, located in the main producing regions. The validation of the GD rice program, after being available on the internet (www.cpact.embrapa.br/agromet; Graus-dia Arroz), on an experimental basis, was made on crop season 2014/2015, also in partnership with IRGA. It is believed that the GD Rice can be a very useful tool to assist rice farmers both in planning and in decision-making about the time to apply the ANC in irrigated rice in the State of Rio Grande do Sul.

KEY WORDS: *Oryza sativa* L., thermal units, vegetative phase

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil, tendo contribuído, na média das últimas três safras, com 67% da produção nacional (Conab, 2014). Embora os níveis de produtividade sejam relativamente altos ($7,3 \text{ t ha}^{-1}$) acredita-se que estes possam ser ainda maiores se forem melhorados alguns aspectos relacionados com o manejo da cultura.

Dentre as práticas de manejo importantes para a produtividade do arroz irrigado destaca-se a segunda adubação nitrogenada em cobertura (ANC), que deve ser realizada no início da fase reprodutiva, no estágio de iniciação da panícula (IP ou R0) (Sosbai, 2012). Porém, esse estágio (R0) é difícil de ser visualizado diretamente na planta, em condições de lavoura. Assim, pode-se usar, como referência, o estágio de diferenciação da panícula (DP ou R1), conhecido como “ponto de algodão”, visível a olho nu, que ocorre, em média, quatro dias após a IP ou R0 (De Carli, 2013). Portanto, devido a ordem inversa entre o estágio de interesse (R0), quando deve ser aplicada a ANC, e o estágio R1 possível de ser observado a olho nu, precisa ser considerado um método alternativo para definir o momento mais apropriado para realizar a aplicação da ANC.

Uma dificuldade, neste contexto, é que a ocorrência do estágio R1 é variável por ser dependente da temperatura (Stansel, 1975; Steinmetz et al., 2009). Em anos mais quentes e mais frios, este estágio ocorre, respectivamente, mais cedo e mais tarde do que na média dos anos. Da mesma forma, ele é retardado nas semeaduras do cedo e antecipado nas semeaduras tardias (Steinmetz et al., 2009). Por isso, é preferível estimar a data de ocorrência da DP em dias após a emergência (DAE) usando o método de graus-dia, ou soma térmica, do que pelo número médio de DAE do calendário (Slaton et al., 1996; Steinmetz et al., 2010). Baseando-se nesse princípio, Steinmetz et al. (2010) estimaram a data de ocorrência da DP, para seis subgrupos de cultivares, em 17 localidades do Rio Grande do Sul (RS), usando séries históricas (30 anos) de temperatura média diária do ar (Tm) e, posteriormente, validaram essas informações em condições de lavoura (Steinmetz et al., 2013).

Em função do exposto deduz-se que além das datas estimadas de DP, baseadas nas séries históricas de Tm, é importante disponibilizar ao produtor como essas estimativas são afetadas pela Tm do ano da safra corrente. Além disso, é importante dispor-se de um programa, acessível via internet, em que o produtor, ou o agente de assistência técnica que o orienta, possa acompanhar a evolução dessas estimativas em função das características da(s) sua(s) lavoura(s), tais como, localização, data(s) de emergência e cultivar(es) utilizada(s). O objetivo deste trabalho foi caracterizar os fundamentos e a forma de utilização de um programa operacional, baseado em graus-dia, para estimar a data de ocorrência de diferenciação da panícula (DP), visando fornecer elementos para o planejamento e a tomada de decisão no manejo da adubação nitrogenada em cobertura em arroz irrigado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fundamentos do programa:

O programa utilizou as mesmas séries de dados de temperatura do ar e os mesmos parâmetros, critérios de cálculo de graus-dia, e subgrupos de cultivares utilizados por Steinmetz et al (2010). Entretanto, ao invés do VBA (Visual Basic for Applications), usado dentro da planilha Excel, as equações foram escritas em um programa numérico, na linguagem FORTRAN, possibilitando a computação automática dos valores transcorridos entre a emergência à diferenciação da panícula (E-DP), “Nº dias (E-DP)”, assim como a provável data de diferenciação da panícula “Data DP”. O programa considera como informações de entrada a série histórica (30 anos) das temperaturas máximas (Tx) e mínimas (Tn) diárias do ar, assim como as temperaturas da safra do ano corrente. A temperatura média diária do ar (Tm) é calculada pela média aritmética entre Tx e Tn. Além disso, foi incluído o sétimo subgrupo, relativo às cultivares de ciclo tardio. As exigências térmicas desse subgrupo para atingir a DP, bem como dos outros seis, encontram-se na Tabela 1.

Aos dados obtidos, relativos à duração média (30 anos) do período da emergência à diferenciação da panícula (E-DP), aplicaram-se equações de regressão geradas no processo de validação do método de graus-dia em condições de lavoura (Steinmetz et al., 2013, 2014). A partir da correção do período E-DP, foram obtidas as datas em que ocorre a DP. Ao subgrupo tardio não se aplicou o fator de correção pelo fato das cultivares desse subgrupo não terem participado do processo de validação do método de graus-dia em condições de lavoura.

Os dados relativos ao ano da safra foram calculados, para cada um dos sete subgrupos de cultivares, usando-se as exigências térmicas médias dos subgrupos indicadas na Tabela 1. Entretanto, nesse caso, utilizaram-se os dados diários de Tx e Tn repassados, diariamente, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os valores do número de dias do período E-DP e a respectiva data de DP do ano da safra, assim como do desvio (dias) entre os períodos E-DP calculados com a Tm diária do ano da safra e a Tm diária da média dos anos (30 anos), são atualizadas diariamente através da computação automática pelo programa, em função dos dados recebidos do INMET. O programa recalcula diariamente os referidos valores, em função dos dados diários recebidos que substituem os dados históricos conforme a data corrente. O número de dias da temperatura média diária do ano corrente utilizado varia de zero, quando a data da consulta é anterior ou igual à data da emergência selecionada (i.e, ainda não há observações para a safra corrente), ao número total de dias entre a emergência e a DP, quão mais próxima a consulta é feita da data da DP prevista. Finalmente, o programa atualiza automaticamente os valores armazenados no banco de dados que alimenta a página web.

Utilização do programa:

Para acessar ao programa entre no endereço do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado (<http://www.cpact.embrapa.br/agromet>) e clique em “Graus-dia (Arroz)”. Para obter a informação desejada, o usuário necessita entrar com algumas informações, como descrito a seguir.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Tabela 1. Graus-dia médio da emergência à diferenciação da panícula (E-DP) para seis subgrupos de cultivares e por cultivar, diferença entre a cultivar e o subgrupo, graus-dia médio diário por cultivar no período E-DP e diferença entre a cultivar e o subgrupo, em dias.

Subgrupo (ciclo)	GD (°C dia)	Cultivar (ciclo)	GD (°C dia)	Diferença cultivar/ subgrupo (°C dia)	GD / N° dias E-DP (°C dia dia ⁻¹)	Diferença cultivar/ subgrupo (dias)
Muito Precoce 1 (MP1) (<100 dias)	459	IRGA 421 (95)	459	0	11	0
Muito Precoce 2 (MP2) (100-105 dias)	512	BRS Atalanta (100)	514	2	12	0,2
		BRS Ligeirinho	509	-3	12	-0,3
Precoce 1 (P1) (106-110 dias)	617	BRS 6 “Chuí” (110)	608	-9	12	-0,8
		BRS Querência (110)	625	8	12	0,7
		<u>Epagri 106 (106)</u>	-	-	-	-
Precoce 2 (P2) (111-120 dias)	673	BRS Pampa (118)	648	-25	11	-2,3
		BRS Firmeza (120)	(647)	-26	12	-2,2
		<u>BR-IRGA 414 (115)</u>	-	-	-	-
		IRGA 417 (115)	694	21	12	1,8
		IRGA 422 CL (120)	(691)	18	11	1,6
		IRGA 423 (120)	683	10	11	0,9
		Inov (CL) (120)	671	-2	12	-0,2
		Avaxi (CL) (120)	679	6	12	0,5
Puitá Inta CL (120)	(708)	35	12	2,9		
Médio 1 (M1) (121-130 dias)	718	BRS Pelota (125)	728	10	12	0,8
		BRS Sinuelo CL (130)	717	-1	11	-0,1
		BRSCIRAD 302 (128)	(707)	-11	12	-0,9
		BR-IRGA 409 (126)	(738)	20	12	1,7
		BR-IRGA 410 (123)	700	-18	12	-1,5
		Arize QM 1003 (125)	719	1	11	0,1
		Arize QM 1010 (135)	(698)	-20	11	-1,8
		<u>Guri Inta CL (125)</u>	-	-	-	-
Médio 2 (M2) (131-135)	735	BRS Fronteira (135)	728	-7	12	-0,6
		BRS 7 “Taim (130)	742	24	12	2,0
		BRS Bojuru (135)	731	-4	12	-0,3
		IRGA 424 (132)	759	24	12	2,0
		<u>SCS 115 CL (135)</u>	-	-	-	-
		El Paso L. 144	740	5	12	0,4
Tardio (T) (136-150)	937	SCS BRS Tio Taka (141)	905	-32	12	-2,7
		<u>Epagri 108 (142)</u>	-	-	-	-
		Epagri 109 (142)	968	31	12	2,6
		<u>SCS 112 (138)</u>	-	-	-	-
		<u>SCS 114 Andosan (140)</u>	-	-	-	-
		<u>SCS 116 Satoru (144)</u>	-	-	-	-
		<u>SCS 117 CL (144)</u>	-	-	-	-
		-	-	-	-	-

Obs.: 1) Os valores de graus-dia entre parênteses não foram considerados no cálculo dos graus-dia médios do subgrupo;

2) As cultivares sublinhadas não dispõem de informações de graus-dia e foram incorporadas nos subgrupos de acordo com o grupo de maturação indicado nas recomendações técnicas da SOSBAI (2012);

3) As cultivares BRS Firmeza e IRGA 422 CL foram reenquadradas em outro subgrupo em relação a Steinmetz et al. (2010).

Fonte: Steinmetz et al. (2014)

1. Localidade:

Selecione uma das seguintes 17 localidades: Alegrete; Bagé; Cachoeirinha; Capão do Leão (Pelotas); Eldorado do Sul (Guaíba); Encruzilhada do Sul; Maquiné (Osório); Quarafá; Rio Grande; Santa

Maria; Santana do Livramento; Santa Vitória do Palmar; São Borja; São Gabriel; Taquari; Torres; Uruguaiana.

Caso a localidade desejada não seja uma das 17, selecione a que for mais próxima, ou a que apresente características de temperatura do ar semelhantes a da localidade desejada.

As 17 localidades indicadas são as que dispunham de séries longas de dados diários de temperatura média do ar (Tm) sendo que, para a maioria delas, foram usadas séries de 30 anos (1976-2005).

2. Subgrupo:

Selecione um dos sete subgrupos no qual se enquadra a cultivar a ser utilizada. Os subgrupos e o ciclo das cultivares (da emergência à maturação) em cada subgrupo são os seguintes:

- 1-Muito Precoce 1 (MP1) (<100 dias)
- 2-Muito Precoce 2 (MP) (100-105 dias)
- 3-Precoce 1 (P1) (106-110 dias)
- 4-Precoce 2 (P2) (111-120 dias)
- 5-Médio 1 (M1) (121-130 dias)
- 6-Médio 2 (M2) (131-135 dias)
- 7-Tardio (T) (136-150 dias)

3. Cultivar:

Selecione a cultivar a ser utilizada. A relação das cultivares incluídas em cada subgrupo, bem como o seu ciclo e a soma térmica necessária para atingir a DP está indicada na Tabela 1.

Deve-se ressaltar que a data da DP de uma determinada cultivar é estimada para o subgrupo a que ela pertence e não para a cultivar propriamente dita. Entretanto, pelo fato das cultivares terem sido enquadradas em sete subgrupos, a data da DP de um determinado subgrupo é muito próxima da que seria esperada para qualquer uma das cultivares pertencentes ao subgrupo.

4. Data de emergência:

Selecione a data da emergência, disponível para o período de 1º de setembro a 31 de dezembro. Considere a data de 50% de emergência, ou seja, quando cerca de 50% das plântulas da lavoura tenham emergido (plântulas até 2 cm de altura).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa permite fazer a consulta por localidades ou por mapas.

1. Consulta por localidades:

Para exemplificar, selecionaram-se as seguintes variáveis: Localidade: Alegrete; Subgrupo: 3-Precoce 1 (106-110 dias); Cultivar: 5-BRS Querência; Data de emergência: 01/10. Após preencher os campos indicados, selecione “**Consulta por localidades**)” (Figura 1).

Os primeiros quatro campos repetem as informações de entrada selecionadas (Figura 1). Em “**Média (30 anos)**”, o campo “**Nº dias (E-DP)**” indica que essa cultivar, da mesma forma que as demais cultivares do subgrupo precoce 1, na média de trinta anos de dados diários de Tm, necessitou de 62 dias após a emergência para atingir a diferenciação da panícula. O campo “**Data (DP)**” indica que 62 dias após a emergência (01/10) corresponde ao dia 02/12. Isso indica a data média em que a DP ocorreu nesses trinta anos.



Figura 1. Informações de saída do programa (Consulta por localidades), envolvendo o número médio de dias da emergência à diferenciação da panícula (E-DP), a data média da DP, na média de 30 anos e na safra, desvio da média (dias), e diagrama esquemático dos principais estádios de desenvolvimento da planta de arroz, com destaque para o estádio de diferenciação da panícula (DP ou R1), da escala de Counce et al. (2000).

Deve-se ressaltar que os dados do campo “**Média (30 anos)**” podem ser diferentes daqueles de Steinmetz et al. (2010) pelo fato de terem sido corrigidos devido a validação em condições da lavoura (Steinmetz et al., 2013).

Em “**Safra**”, o campo “**Nº dias (E-DP)**” indica que essa cultivar, na safra 2014/2015, necessitou 53 dias após a emergência para atingir a diferenciação da panícula. Consequentemente, o campo “**Data (DP)**” indica que 53 dias após a emergência (01/10) corresponde ao dia 23/11, portanto, indicando um desvio de 9 dias (-9) da data média de 30 anos, como indicado no campo “**Desvio da média (dias)**”. Isso significa que, no período compreendido entre 01/10 (emergência) e 23/11 (DP), da safra em questão, a temperatura média do ar (T_m) foi mais alta do que a T_m da média histórica (30 anos).

Logo abaixo das informações de saída do programa (Figura 1) encontra-se um diagrama esquemático dos principais estádios de desenvolvimento da planta de arroz, com destaque para o de diferenciação da panícula (DP ou R1), da escala de Counce et al. (2000).

Como estimar a data de ocorrência da iniciação da panícula (IP ou R0)

Considerando-se que a Sosbai (2012) recomenda que a segunda adubação nitrogenada em cobertura (ANC) deve ser realizada no estádio de iniciação da panícula (IP ou R0) e que esse estádio é difícil de ser visualizado diretamente na planta, em condições de lavoura, pode-se usar, como referência, o estádio de diferenciação da panícula (DP ou R1), conhecido como “ponto de algodão”, visível a olho nu, que ocorre, em média, quatro dias após a IP ou R0 (De Carli, 2013). Portanto, na prática, se usaria a

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

data estimada de DP (safra) como referência, antecipando-se em quatro dias a aplicação da segunda ANC. Assim, no exemplo usado anteriormente, em que a data estimada de DP (safra) ocorreu no dia 23/11 a aplicação da segunda ANC deveria ser programada para o dia 19/11.

2. Consulta por mapas:

Outra possibilidade oferecida pelo programa é visualizar, na forma de mapas, a espacialização da informação gerada. Os mapas disponíveis foram derivados da interpolação de um modelo do relevo do estado do Rio Grande do Sul, e do número de dias entre a emergência e a diferenciação da panícula (E-DP), nas dezessete localidades em que esses parâmetros foram estimados pelo método de graus-dia. Essa interpolação foi obtida por meio do resultado de técnicas estatísticas de regressão múltipla que geram equações para cada decêndio de data de emergência, desde o 1º decêndio de setembro até o 2º decêndio de dezembro, aplicadas então ao modelo espacial. Ao todo, foram gerados 77 mapas representativos dos sete subgrupos de maturação e das onze datas de emergência.

A informação disponibilizada os mapas refere-se a classes de “Nº dias (E-DP)” para períodos de emergência de 10 dias, na média de 30 anos, considerando-se o valor intermediário do decêndio. Assim, o mapa do 1º decêndio de outubro, refere-se à emergência do dia 5 de outubro, o mapa do 2º decêndio de outubro refere-se à emergência do dia 15 de outubro, e assim por diante.

Após preencher os campos indicados, selecione “**Consulta por mapas**”.

Essa consulta por mapas tem a finalidade de indicar ao usuário as informações geradas pelo programa não apenas para a localidade selecionada, mas também para as localidades/municípios no seu entorno e, principalmente, para as que não dispõem de séries de dados meteorológicos como os das 17 localidades usadas neste trabalho.

A Figura 2 caracteriza a espacialização de classes de “Nº dias (E-DP)” para as mesmas informações de entrada por “localidades” indicadas anteriormente, ou seja: Alegrete, subgrupo Precoce 1, cultivar BRS Querência (válido também para as cultivares BRS 6 “Chuí” e EPAGRI 106, que pertencem ao mesmo subgrupo), com data de emergência em 01 de outubro (representada pelo mapa do primeiro decêndio de outubro). Ela indica que a duração do período E-DP é semelhante (classe de 60-65 dias) na maior parte do município de Alegrete, praticamente em todo o município de São Francisco de Assis e na parte leste do município de Itaqui. Portanto, em toda essa área, a aplicação da segunda adubação nitrogenada em cobertura (ANC) poderia ser em data semelhante a de Alegrete. Por outro lado, a aplicação da segunda ANC no município de Rosário, por exemplo, poderia ser um pouco mais tarde pois a duração do período E-DP é um pouco maior (classe de 65-70 dias). Essas diferenças na duração do período E-DP são reflexo das características da temperatura do ar (Tm) nessas áreas.

Outros fatores que podem afetar a duração do período E-DP

Deve-se ressaltar, que além da temperatura do ar, outros fatores podem influenciar na data da DP, tais como: manejo da água de irrigação, da adubação, da população de plantas, dos tratamentos químicos, estresses bióticos e abióticos, etc...Em geral, o número de DAE para atingir a DP é antecipado e retardado, respectivamente, com a antecipação e o atraso na entrada definitiva da água de irrigação (Steinmetz et al., 2010). Altas densidades de plantas tendem a encurtar o período da emergência à DP, enquanto que efeitos de herbicidas, fungicidas e baixas temperaturas da água tendem a aumentá-lo (Stansel, 1975; Agroclimatologia, 2008). Antecipação e retardamento na data da DP, respectivamente, com altas e baixas temperatura da água de irrigação, também foi observado por Steinmetz et al. (2011).

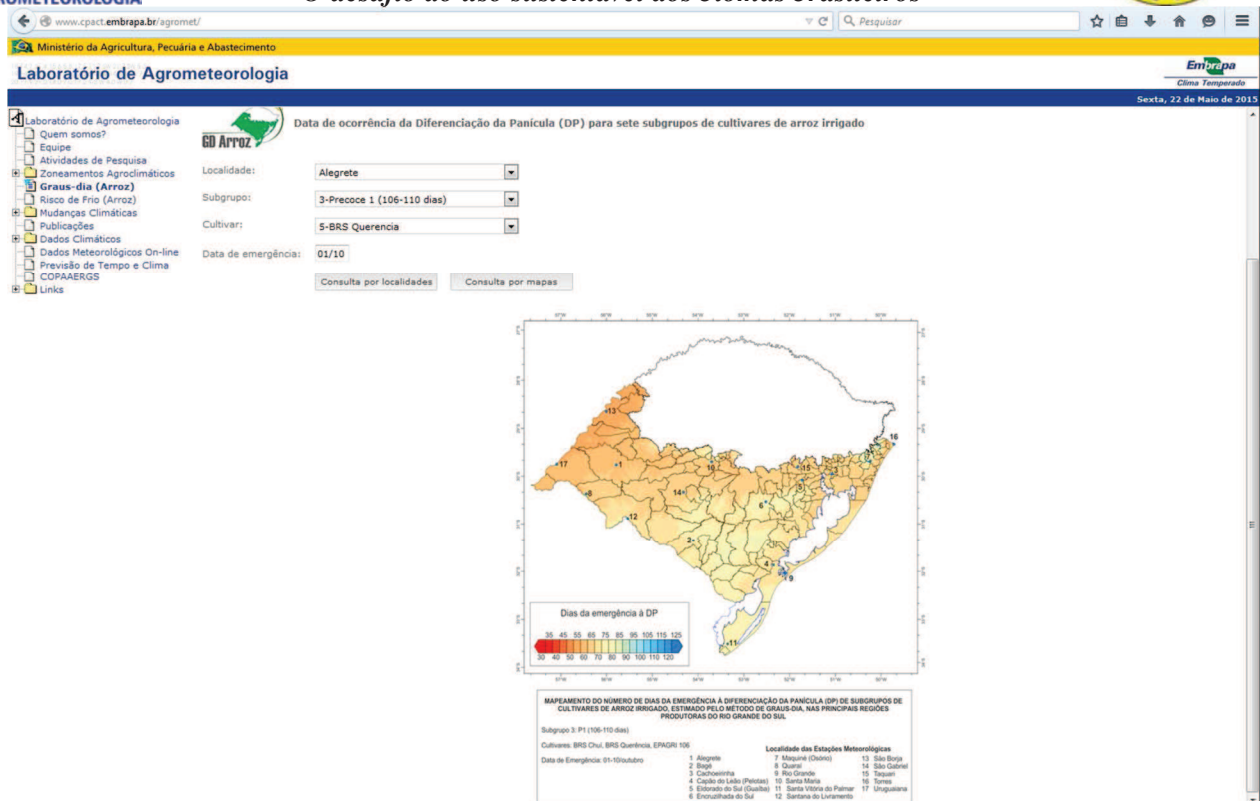


Figura 2. Informações de saída do programa (Consulta por mapas) indicando o mapeamento do número médio de dias da emergência à diferenciação da panícula (E-DP), na média de 30 anos, para o decêndio da data de emergência e para a cultivar (subgrupo) escolhidos, nas principais regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul.

A dificuldade em definir-se a data de 50% de emergência da lavoura em função da desuniformidade de emergência das plântulas, causada pela escassez e/ou irregularidade na distribuição da chuva, também pode influenciar na acurácia da data da DP estimada pelo método de graus-dia (Steinmetz et al., 2013). Caso ocorram duas datas diferentes de emergência, de lavouras semeadas na mesma data, recomenda-se ao inserir os dados para estimar a data da DP, considerar-se como se fossem duas lavouras ao invés de fazer-se a média das duas datas de emergência.

Outro fator que pode influenciar a data de ocorrência da DP é o fotoperíodo (duração do dia) (Streck et al., 2006). Neste trabalho desconsiderou-se a possível influência deste fator, pois foram usados dados de soma térmica de cultivares indicadas pela pesquisa, dentro do período recomendado de semeadura. Nessas condições, pode-se supor que, em geral, a possível influência do fotoperíodo pode ser desconsiderada (Sosbai, 2012). Esclarecimentos adicionais sobre as informações básicas utilizadas neste trabalho podem ser obtidos em Steinmetz et al. (2010).

Recomendações

Considerando-se que a data de ocorrência da DP pode ser influenciada por outros fatores, como indicado anteriormente, recomenda-se que os usuários ou os produtores propriamente ditos utilizem as informações geradas por este programa como uma ferramenta complementar, e não única, para o planejamento e a tomada de decisão quanto ao momento de efetuar a segunda adubação nitrogenada em cobertura (ANC).

Por outro lado, embora as recomendações da SOSBAI (2012) indiquem que a segunda ANC deve ser aplicada no estágio de IP (R0), e que este ocorre cerca de quatro dias antes da DP (R1), caberá ao agente de assistência técnica ou ao próprio produtor, tomar a decisão sobre o momento de efetuar a ANC



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



em função de outros fatores que possam estar afetando a lavoura, como o estado nutricional das plantas, por exemplo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela cedência dos dados meteorológicos históricos utilizados neste trabalho e ao INMET pelo repasse dos dados do ano da safra. Os autores agradecem, também, às pessoas que de uma ou outra forma contribuíram na obtenção dos dados disponibilizados por este programa, tais como: Ariano Martins de Magalhães Júnior, Paulo Ricardo Reis Fagundes, Walkyria Bueno Scivittaro, Ivan Rodrigues de Almeida, Carlos Reisser Júnior, Alexandre Nunes Deibler, Ronaldo Matzenauer, Bernadete Radin, Solismar Damé Prestes, Matheus Fernandes da Silva, Glênio Luiz Nascimento Picada, Hermínio Gadea Menezes, Ricardo Machado Kröeff, Vera Márcia Pereira Borges, Luciano Corrêa Hanemann, Gustavo Cantori Hernandez, Cláudio Correa Pereira, Diego Herrmann, Marcelo Pilon, José Alberto Petrini e Douglas A. Bermudes

CONCLUSÕES

O programa GD Arroz pode ser uma ferramenta de grande utilidade para auxiliar os produtores tanto no planejamento como na tomada de decisão sobre o momento de aplicar a adubação nitrogenada em cobertura no arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

O uso do GD Arroz para estimar a data da diferenciação da panícula (DP ou R1) permite aplicar a adubação nitrogenada em cobertura no estágio de iniciação da panícula (IP ou R0), como recomendado pela Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCLIMATOLOGIA: boletim periódico. Treinta y Três: INIA, feb. 2008.

CONAB. **Séries históricas**: arroz. Disponível em: <<http://conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

COUNCE, P. A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000.

DE CARLI, C. et al. Determinação do número de dias e dos graus-dia em que a iniciação da panícula (IP) antecede a diferenciação da panícula (DP) de cultivares de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2013. p. 850-853.

SLATON, N. et al. DD50 computerized rice management program. In: HELMS, R. S. (Ed.). **Rice production handbook**. Little Rock: University of Arkansas, 1996. p. 24-27. (Miscellany publication, 192).



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/XIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 01 a 03 de agosto de 2012, Gravatal, SC. – Itajaí: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Itajaí, 2012. 179 p.

STANSEL, J. W. The rice plant: its development and yield. In: SIX decades of rice research in Texas. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station, 1975. p. 9-21.

STEINMETZ, S. et al. **Determinação dos graus-dia e do número de dias para atingir o estágio de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 88).

STEINMETZ, S. et al. **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).

STEINMETZ, S. et al. Indução de contraste na temperatura da água e sua relação com a duração da fase vegetativa do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri/Sosbai, 2011. p. 473-476.

STEINMETZ, S. et al. **Validação do método de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 38p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 197).

STEINMETZ, S. et al. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula visando à adubação nitrogenada em cobertura.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 12p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 155).

STRECK, N. A. et al. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Métodos empíricos para a estimativa do saldo de radiação da superfície de referência a partir da radiação solar



Danilton Luiz Flumignan¹; Maiara Kawana Aparecida Rezende²; Carlos Ricardo Fietz³; Eder

Comunello⁴

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, Brasil. Fone: 55 67 3416-6881 E-mail: danilton.flumignan@embrapa.br

² Engenheira Agrícola, mestranda em Produção Vegetal na UEM, Maringá, PR. E-mail: maiara_rezende_15@hotmail.com

³ Engenheiro-Agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: carlos.fietz@embrapa.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas na ESALQ/USP, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: eder.comunello@embrapa.br

RESUMO: Na agrometeorologia a superfície de referência consiste naqueles tradicionais gramados das estações meteorológicas. O saldo de radiação (R_n) desta superfície constitui-se em uma importante informação com diferentes aplicações, porém sua mensuração é rara devido ao elevado custo do sensor e a complexidade da medição. Por isso, estimar R_n a partir de outra variável é desejável, como a partir da radiação solar global (R_s), porém os métodos padrões de estimativa são complexos, tornando interessante o uso de metodologias mais simplificadas. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo ajustar dois métodos empíricos para a estimativa do R_n a partir de R_s , para a região de Dourados, MS, Brasil. Um dos métodos foi ajustado com propósito científico (Método de Gauss), pois constitui-se de uma modelagem matemática, enquanto o outro foi ajustado com propósito prático (Método Prático) por se tratar de coeficientes de conversão mensais fixos. O trabalho foi realizado utilizando dados da estação da Embrapa Agropecuária Oeste de Dourados, MS. Utilizou-se dados diários de R_s de uma série histórica de 12 anos. Com estes foram estimados valores de R_n conforme o método padrão. O Método de Gauss foi ajustado utilizando o software Table Curve 2D 5.01, de modo a permitir estabelecer um valor de y correspondente à relação R_n/R_s para cada valor de x correspondente ao dia do ano. A modelagem consistiu em definir o valor dos parâmetros da equação. No Método Prático foram desenvolvidos coeficientes mensais da relação R_n/R_s . Para a validação dos métodos, durante um ano foram medidos valores de R_s e R_n utilizando sensores de alta precisão. Além disso, valores de R_n foram estimados por ambos os métodos e estes foram comparados com os medidos. Os métodos apresentaram resultados satisfatórios, com alto coeficiente de determinação, baixo erro e proximidade dos coeficientes angulares das retas obtidas com relação a unidade.

PALAVRAS-CHAVE: Método de Gauss, Método Prático, evapotranspiração de referência.

Empirical methods for estimating reference surface net radiation from solar radiation

ABSTRACT: In agrometeorology, the reference surface consists of those traditional grass cover on weather stations. The net radiation (R_n) of this surface is an important information that has many applicability, but its measurement is rare due to the high cost of the sensor and the complexity involved on the measurement. Therefore, estimate R_n from another variable is desirable, as from solar radiation (R_s), but the standard methods used for this are complex, making interesting the use of simplified methodologies. Considering these, the present study aimed to set two empirical methods to estimate R_n from R_s for the region of Dourados, MS, Brazil. One method was set with a scientific purpose (Gauss Method) and it comprised a mathematical modeling. The other one was set with a practical purpose

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

(Practical Method) and comprised the determination of fixed monthly conversion factors. The study was done using weather data of the Embrapa Agropecuária Oeste weather station located at Dourados, MS, Brazil. We used daily R_s data of a 12 years database. With these, there were estimated R_n values by the standard method. The Gauss Method was set using the Table Curve 2D 5.01 software, in order to develop an appropriate y value that is relative to R_n/R_s for each value of x corresponding to the day of the year. The modeling consisted in defining the equation parameters values. On Practical Method we developed monthly ratio coefficients R_n/R_s . In order to validate both methods we measured R_s and R_n during one year using high precision sensors. In addition, R_n values were estimated by both methods and then compared with those measured. Both methods showed satisfactory results, with high coefficient of determination, low error and proximity of angular coefficients of the lines obtained with respect to unit.

KEYWORDS: Gauss Method, Practical Method, reference evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

Na agrometeorologia, a chamada superfície de referência corresponde a uma extensa área gramada, sob crescimento ativo, cobrindo completamente o solo, com altura aproximada de 12 cm, sendo esta área conduzida sem limitação hídrica e de fertilidade do solo, além de isenta de pragas, doenças e plantas invasoras (ALLEN et al., 1998).

Nos países de clima tropical esta definição teórica é replicada na prática pelos tradicionais gramados de grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé), os quais se encontram presentes nas estações meteorológicas. Essa padronização da superfície de referência é de fundamental importância para assegurar a qualidade dos dados que são obtidos nas estações, além de permitir uma confiável comparação dos dados obtidos por diferentes estações.

Para algumas aplicações na agrometeorologia e na irrigação, são requeridos dados do saldo de radiação (R_n) dessa superfície de referência. O elemento meteorológico R_n corresponde à diferença entre a entrada e a saída de radiação na superfície. Esta diferença constitui a energia que fica disponível e é então utilizada pela superfície, principalmente para a realização de três processos: evapotranspiração, aquecimento do ar e aquecimento do solo. Como exemplo, uma das principais aplicações dos dados de R_n está na estimativa da evapotranspiração da superfície de referência (ET_o), pois atualmente o principal modelo de estimativa da ET_o , conhecido como modelo ASCE Penman-Monteith (ASCE-EWRI, 2005), requer valores de R_n como dado de entrada. Nesse contexto, ressalta-se que a ET_o constitui uma informação fundamental que por sua vez é requerida em diversos estudos ou trabalhos práticos, tanto na agricultura de sequeiro (por exemplo, definição das melhores épocas de semeadura e zoneamento agrícola), quanto na agricultura irrigada (por exemplo, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação). Em muitas situações 70 a 80% do valor calculado de ET_o é devido ao valor de R_n , evidenciando a sua importância, sendo o restante devido às outras variáveis que são requeridas pelo modelo (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento).

Embora o R_n seja uma informação importante, a sua medição em estações meteorológicas é rara devido ao elevado custo e a manutenção do sensor, além da complexidade associada a sua medida. Essa complexidade se deve à possibilidade de falhas nos sensores, mas principalmente ao fato de que é comum que nas estações meteorológicas não seja dado o tratamento adequado para assegurar que a superfície em questão possa ser enquadrada como superfície de referência, conforme demonstrado em Allen (1996) e ASCE-EWRI (2005). Se a superfície da estação não é manejada conforme o protocolo para superfície de referência, os dados de R_n obtidos são certamente influenciados por este manejo inadequado, resultando em valores de R_n que diferem daqueles que realmente deveriam ocorrer. Exemplos de manejo incorreto são: falta de irrigação do gramado em regiões áridas ou em épocas de

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

estiagem severa em regiões úmidas; mistura com/uso de outras espécies de gramíneas; deficiências nutricionais; gramado com cobertura falhada apresentando solo exposto; ausência de gramado (uso de solo descoberto ou cimento) e outros.

Devido ao exposto, ASCE-EWRI (2005) recomendou que os valores de R_n necessários para estimar os valores de ET_0 sejam, preferencialmente, estimados a partir dos dados medidos de radiação solar (R_s), seguindo a metodologia descrita no próprio documento. Este método de estimativa tem bastante qualidade, porém possui nível de complexidade elevado, pois faz uso de muitos cálculos advindos da astronomia, além de requerer como entrada as coordenadas geográficas do local e dados medidos de temperatura e umidade relativa do ar.

Uma alternativa para essa questão é o uso de métodos empíricos, ou seja, métodos que possuem soluções práticas, que são oriundas a partir da observação sistemática do fenômeno avaliado. Esses métodos tem validade limitada para condições semelhantes em que eles foram gerados, mas dentro dessas condições apresentam resultados satisfatórios.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo ajustar dois métodos empíricos para a estimativa do R_n a partir dos dados de R_s para a região de Dourados, MS. Um dos métodos foi ajustado com propósito científico (Método de Gauss), pois se constitui de uma modelagem matemática, enquanto o outro foi ajustado com propósito mais prático (Método Prático) por se tratar de coeficientes de conversão mensais fixos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o banco de dados meteorológicos da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22°16'S, longitude 54°49'O e altitude de 408 m. A estação foi mantida conforme os protocolos previstos para assegurar a condição de superfície de referência. Esta esteve localizada em área de 1,4 ha, com superfície coberta com grama batatais e posicionada de tal forma que a menor distância da mesma até o final da bordadura gramada tivesse 37 m, garantindo a minimização de problemas relacionados a advecção, sombreamentos e quebra-ventos. O gramado recebeu roçagens frequentes para manter a sua altura entre 8 e 15 cm, além de tratamentos culturais adequados e irrigação, para mantê-lo livre de deficiência hídrica.

Conforme Kottek et al. (2006), o clima da região é classificado como tropical monçônico (Am), se caracterizando claramente por estar em uma zona de transição entre os tipos climáticos tropical de savanas (Aw), ao norte, e temperado úmido com verão quente (Cfa), ao sul. De maneira geral, na região o verão é chuvoso e quente, enquanto o inverno é seco e frio (Fietz; Fisch, 2008). Segundo dados da Embrapa (2014) referentes ao período de 1980 até 2012 (33 anos), a precipitação média anual é de 1389 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, com 178 mm, e julho o mais seco, com 44 mm. A temperatura média anual é de 22,5 °C, sendo em julho, mês mais frio, de 18 °C e em dezembro e janeiro, os meses mais quentes, igual a 25,4 °C.

O trabalho constituiu-se de duas fases: calibração e validação. Na fase de calibração utilizou-se os dados diários de R_s disponíveis por período de 12 anos (01/01/2001 a 31/12/2012). Essa série histórica é praticamente isenta de falhas, dispondo de 99,5% dos dados deste período. Todos os dados de R_s foram avaliados quanto à sua qualidade, segundo os critérios constantes em Allen (1996) e ASCE-EWRI (2005).

Os dados de R_n foram estimados segundo a padronização disposta em ASCE-EWRI (2005). Para isso, além dos dados de R_s , também foi necessária a utilização de dados de temperatura e umidade relativa do ar, os quais também foram determinados na mesma estação, durante o mesmo período.

A calibração consistiu em ajustar os Métodos de Gauss e Prático por meio da análise da relação entre os valores diários de R_s e R_n , ou seja, R_n/R_s em %. Essa relação indica o quanto da radiação que

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

atingiu a superfície foi de fato utilizada pela mesma. Por exemplo, uma relação de 60% para um determinado dia ou mês, indica que do total de radiação que atingiu a superfície (R_s), 60% foi utilizado pela mesma nos seus diferentes processos (R_n).

O ajuste do Método de Gauss (Equação 1) foi realizado utilizando o software Table Curve 2D 5.01, sendo o modelo matemático apresentado como segue:

$$y = a + b \times e^{-0,5 \times \left(\frac{x-c}{d}\right)^2} \quad (1)$$

onde o ajuste foi feito de modo a permitir estabelecer um valor de y , correspondente a relação R_n/R_s , para cada valor de x correspondente ao dia do ano (dia 1 até o dia 366 em anos bissextos). Portanto, a modelagem consistiu em ajustar os valores dos parâmetros a , b , c e d da Equação 1. Por outro lado, no Método Prático foram determinados coeficientes mensais da relação R_n/R_s . Para representar cada um dos 366 dias no caso do Método de Gauss, ou cada um dos 12 meses no caso do Método Prático, foi utilizada a média dos 12 anos de dados.

A validação consistiu em analisar a qualidade das estimativas de R_n obtidas usando os Métodos de Gauss e Prático, a partir de valores medidos de R_s . Para isso, utilizou-se as leituras de um sensor de alta precisão de R_s (piranômetro CMP3 da Kipp & Zonen®) instalado na estação meteorológica, no período de um ano (01/07/2013 a 30/06/2014). Ao longo deste ano também monitorou-se os valores de R_n usando um sensor também de alta precisão (saldo radiômetro NR-Lite da Kipp & Zonen®). Os valores obtidos pelas estimativas foram comparados com os medidos.

RESULTADOS

O Método de Gauss foi ajustado satisfatoriamente, tal qual evidenciam o alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9171$), o baixo erro padrão da modelagem ($\pm 1,8721\%$) e o ajustamento gráfico visual (Figura 1). No gráfico nota-se que a relação R_n/R_s varia ao longo do ano, sendo mais alta nos meses de temperaturas elevadas e maior quantidade de chuvas, no verão (extremos do gráfico), e mais baixa nos meses de temperaturas menores e menor pluviosidade, no inverno (centro do gráfico).

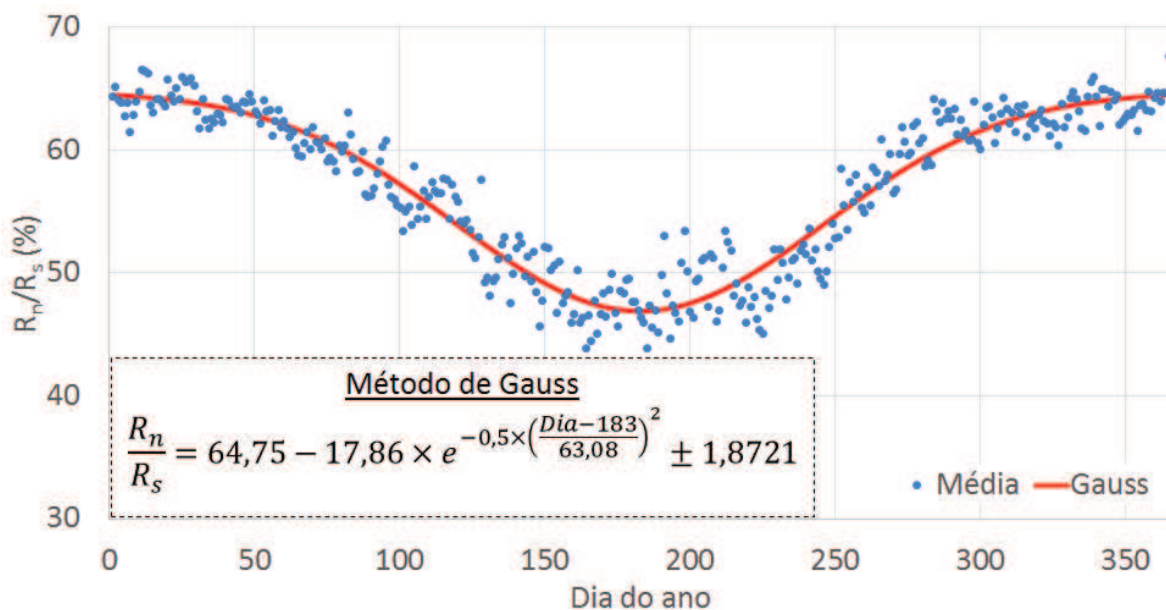


Figura 5. Ajuste do Método de Gauss para determinação dos valores de R_n/R_s para qualquer dia do ano, na região de Dourados, MS.

Considerando-se que a média anual observada da relação R_n/R_s é de 57%, de outubro a março a relação é mais alta que a média anual, enquanto de abril a setembro essa relação é mais baixa (Tabela 1). A relação mais alta ocorre em janeiro (64,4%) e a mais baixa em junho (47,7%), evidenciando um gradiente existente entre esses extremos de 16,7%. Assim, os valores apresentados na Tabela 1 constituem os coeficientes ajustados segundo o Método Prático.

Tabela 3. Variabilidade mensal da relação R_n/R_s na região de Dourados, MS, segundo o Método Prático.

Mês	Relação R_n/R_s (%)
Janeiro	64,4
Fevereiro	63,1
Março	60
Abril	56,5
Maio	51,2
Junho	47,7
Julho	48,4
Agosto	49,5
Setembro	55,8
Outubro	61,7
Novembro	62,7
Dezembro	63,9
Anual	57

Em trabalho semelhante, porém realizado na região do noroeste do estado de São Paulo, Conceição (2006) encontrou valor médio da relação R_n/R_s de 65,3%, sendo esta maior do que a média de 57% obtida no presente estudo e, além disso, excedendo o valor máximo encontrado na região de Dourados que foi de 64,4% no mês de janeiro. Outra observação importante é a necessidade de se reconhecer que a relação R_n/R_s não é fixa durante o ano, mas sim variável, conforme demonstra-se na Figura 1 e Tabela 1.

Durante o ano de validação a relação medida R_n/R_s seguiu a tendência ajustada pelos Métodos de Gauss e Prático, apresentando valores menores no inverno e maiores no verão (Figura 2). No entanto, neste ano em específico em que foi realizada a validação, durante o verão a relação medida foi ligeiramente e sistematicamente menor que as relações modeladas.

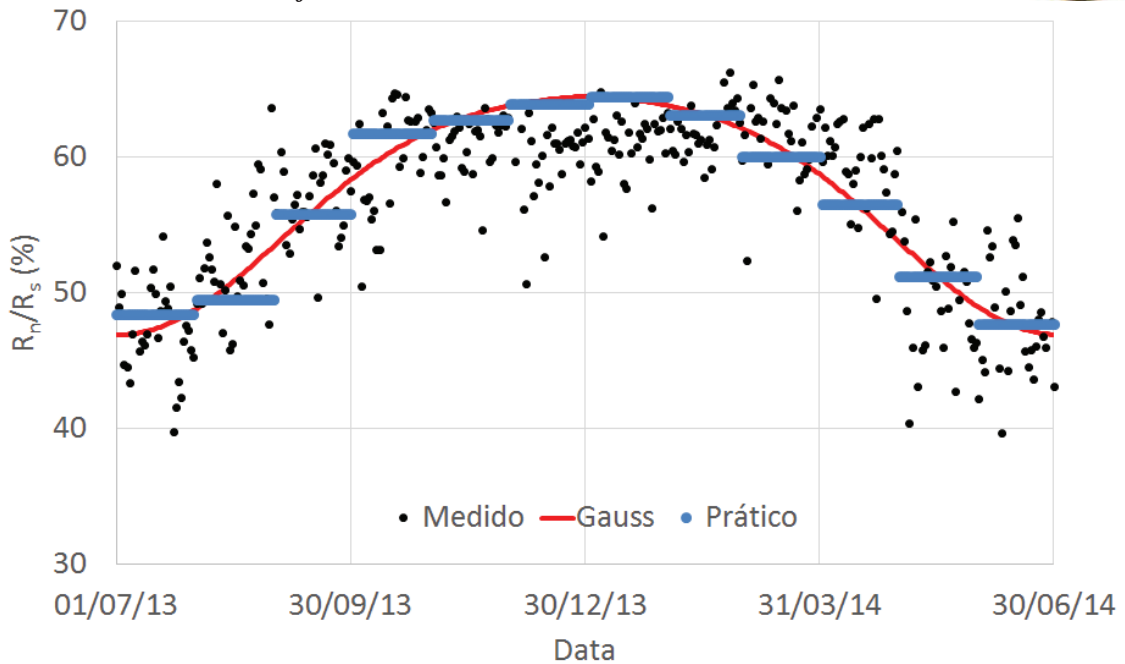


Figura 6. Valores medidos da relação R_n/R_s na região de Dourados, MS durante o período de validação dos modelos (01/07/2013 a 30/06/2014) e comparação com os valores modelados segundo os Métodos de Gauss e Prático.

No conjunto dos dados levantados durante o ano de validação avaliado, nota-se que ambos os métodos de estimativa ajustados apresentaram desempenho considerado satisfatório para estimar os valores de R_n a partir de R_s . Isso é evidenciado pela boa concordância dos pares de dados com a reta 1:1, pelos altos valores de R^2 e pela proximidade dos coeficientes angulares das retas obtidas com relação ao valor 1 (Figura 3).

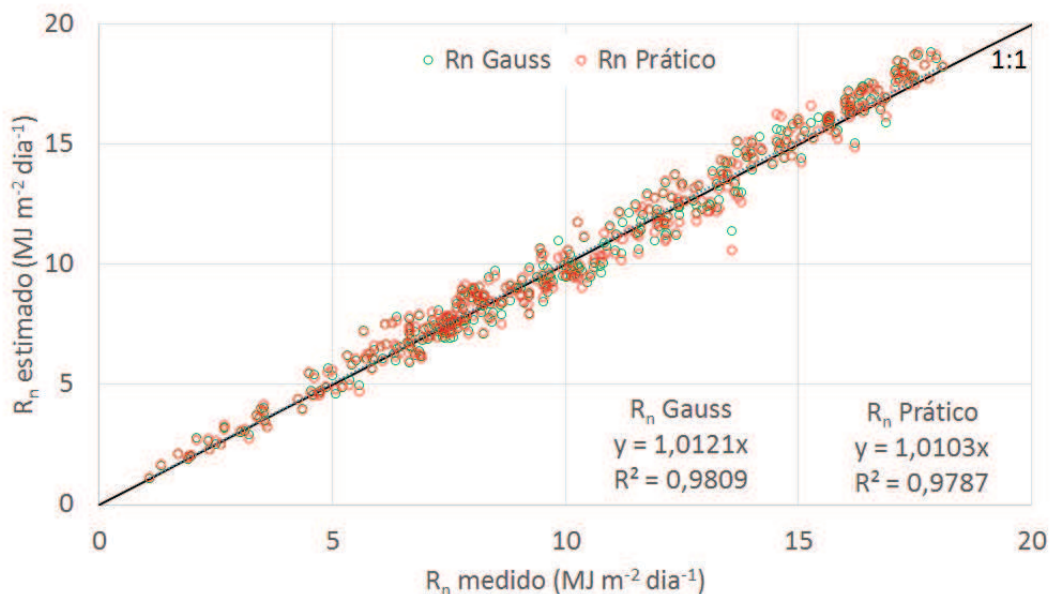


Figura 7. Análise de regressão comparativa dos valores estimados de R_n segundo os Métodos de Gauss e Prático com os valores medidos de R_n durante o período de validação (01/07/2013 a 30/06/2014) em Dourados, MS.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
23 a 28 de agosto de 2015
Lavras – MG – Brasil
Agrometeorologia no século 21:
O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Embora ambos os métodos tenham apresentado desempenho satisfatório, recomenda-se que seja dada preferência pelo uso do Método de Gauss, em especial em aplicações mais refinadas, onde a preocupação com o valor estimado seja mais acentuada. Por outro lado, em situações mais expeditas, com menor rigor da estimativa, recomenda-se que seja utilizado o Método Prático, devido a sua menor complexidade de cálculo.

CONCLUSÃO

Para a região de Dourados, MS, ambos os métodos ajustados mostraram-se adequados para estimar valores de R_n a partir de medidas de R_s . Recomenda-se o uso do Método de Gauss para aplicações mais refinadas e o Método Prático para aquelas mais expeditas.

Embora os métodos tenham sido ajustados para a região de estudo, presume-se que os mesmos tenham validade para outras regiões que possuam características climáticas semelhantes, como por exemplo, regiões nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo e também no Paraguai.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 122, n. 2, p. 97-106, 1996.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS – ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES INSTITUTE. **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: ASCE, 2005. 216 p.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa do saldo de radiação no noroeste paulista com base na radiação solar incidente. Bento Gonçalves, RS. Embrapa Uva e Vinho, 2006. 2p. (Comunicado Técnico, 69).

EMBRAPA. **GuiaClima**. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/clima/>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima na região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32p. (Documentos, 92).

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.