

VALIDAÇÃO DO MODELO ISAREG PARA SIMULAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM CAMBISSOLOS DO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA

CLÍSTENES ANTÔNIO GUADAGNIN¹; LUÍS CARLOS TIMM²; VITOR EMANUEL QUEVEDO TAVARES²; JOSÉ ANTÔNIO SALDANHA LOUZADA³

¹PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar – FAEM/UFPeI – guada@epagri.sc.gov.br

²Departamento de Engenharia Rural – FAEM/UFPeI – lctimm@ufpel.tche.br

³Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS – louzada@iph.ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

A região do Extremo Oeste Catarinense é caracterizada por sistemas diversificados de produção agrícola familiar, destacando-se a bovinocultura de leite e a cultura do milho, entre outros cultivos, desenvolvidos basicamente em condições de sequeiro. O plantio direto, o cultivo mínimo e a pastagem perene são as principais formas de uso/manejo praticados nos Cambissolos, que constituem a classe dominante de solos nesta região.

Os conhecimentos de como as plantas utilizam a água do solo e de como respondem aos níveis de armazenagem é obtido através do balanço hídrico, visto que o consumo de água pelas plantas é uma variável importante para determinar o rendimento e a necessidade hídrica de uma cultura (JOBIM; LOUZADA, 2009).

Uma das principais linhas de investigação atual refere-se ao desenvolvimento de tecnologias e ao uso de modelos, para diferentes condições, e que possam contribuir no manejo eficiente do uso da água (CHATERLAN et al., 2007). Considerando os custos e o tempo necessários em procedimentos experimentais, predições de balanço hídrico vêm sendo satisfatoriamente realizadas através de modelo de simulação (LOUZADA, 2004).

O ISAREG é um software de simulação do balanço hídrico do solo desenvolvido por TEIXEIRA; PEREIRA (1992), baseado na metodologia apresentada por DOORENBOS; KASSAM (1979) e ALLEN et al. (1998), que tem se destacado tanto no âmbito internacional como para as condições da agropecuária brasileira (JOBIM; LOUZADA, 2009; SARAIVA, 2010). O modelo requer parâmetros agronômicos culturais, edáficos e meteorológicos, para simulações em períodos diários, decendiais e mensais que permitem avaliar os efeitos dos suprimentos e dos déficits hídricos sobre o rendimento das culturas.

O presente trabalho teve como objetivo validar a aplicação do modelo ISAREG na simulação do balanço hídrico de um Cambissolo em três sistemas de uso/manejo: cultivo mínimo, plantio direto e pastagem perene para as condições da região do extremo oeste de Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A validação do modelo ISAREG foi realizada comparando resultados de redução de rendimento obtidos na simulação do balanço hídrico através do modelo com dados de rendimento médio da cultura de milho na região de São Miguel do Oeste, SC (Tabela 1) disponíveis em IBGE (2012).

O milho de ciclo normal (entre 110 a 145 dias do plantio à maturação fisiológica) foi escolhido para simulações em oito datas de plantio (11/09, 01/10, 21/10, 11/11, 01/12, 21/12, 11/01 e 01/02) devido à relevância da cultura para a

agropecuária catarinense. Foram informados ainda: as datas do início dos seis estádios fenológicos, a profundidade do sistema radicular (z), o fator de disponibilidade de água (p), o coeficiente da cultura (Kc) em três estádios (inicial, médio e final) e o coeficiente de resposta de rendimento ao estresse hídrico (ky).

Tabela 1. Rendimento médio da cultura de milho (kg ha⁻¹) na região de São Miguel do Oeste, Santa Catarina, entre os anos de 1990 a 2010 (IBGE, 2012).

Ano	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
kg ha⁻¹	2669	1402	2955	3072	2989	3530	2810	3414	3046	2834	
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
kg ha⁻¹	3688	3951	2727	4519	3513	3416	4541	5088	5152	4664	5912

Os parâmetros edáficos para cada camada do solo foram: capacidade total de água disponível ou o conteúdo gravimétrico à capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, e a densidade do solo de cada camada. Realizaram-se coletas de solo nos 18 municípios que constituem a região de São Miguel do Oeste, SC, que totalizaram 48 amostras com estrutura preservada nos Cambissolos e suas associações, em cada um dos três diferentes sistemas de uso/manejo predominantes (cultivo mínimo, plantio direto e pastagem perene), em quatro camadas (0,00 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m), e em quatro diferentes locais. As análises físicas (curva de retenção de água, densidade do solo, porosidade e análise granulométrica) foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da EPAGRI da Estação Experimental de Campos Novos, SC (EPAGRI/EECN) conforme a metodologia descrita em VEIGA (2011).

Os dados meteorológicos requeridos pelo modelo foram a evapotranspiração de referência (ET_o) e a precipitação efetiva. As variáveis meteorológicas temperaturas máxima e mínima em °C, umidade relativa do ar em %, insolação, velocidade do vento em m s⁻¹, medida a 10 m de altura, e, precipitação pluviométrica em mm, foi disponibilizada através de registros diários do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM), para a estação de São Miguel do Oeste, SC, na latitude de 26°47'05" e longitude de 53°30'13", com altitude de 700 m, entre os anos de 1990 a 2010. A ET_o foi calculada através do software SISAGRO II (EPAGRI, 2008), que usa o método de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al., 1998).

Os dados característicos do manejo de irrigação referem-se ao seu momento de aplicação e ao volume de água fornecido ao solo, às restrições na redistribuição de água e ao potencial de ascensão capilar, que podem variar desde a sua aplicação visando o rendimento máximo até o balanço hídrico sem rega. A simulação constou de um manejo sem rega, onde foi informado que 100% da reserva utilizável de água do solo foi preenchida na zona que recebe a semente (0,00 a 0,10 m) e 70% foi preenchida nas camadas inferiores (+0,10 m).

A redução do rendimento relativo estimada pelo ISAREG foi calculada através da relação entre o déficit de evapotranspiração provocado por deficiências hídricas e a correspondente redução de rendimento relativo, através da equação proposta por DOORENBOS; KASSAM (1979):

$$1 - \frac{Y}{Y_m} = ky \left(1 - \frac{ET_c}{ET_m} \right)$$

Em que Y é o rendimento da cultura para a condição de déficit hídrico (Mg ha⁻¹), Y_m é o rendimento máximo da cultura para ausência de déficit hídrico (Mg ha⁻¹), ET_c é a evapotranspiração real da cultura (mm dia⁻¹), ET_m é a

evapotranspiração máxima (mm dia⁻¹) e k_y é o fator de resposta da cultura, que devido a alta sensibilidade do milho ao suprimento de água tem valor > 1,15.

No processo de validação os valores estimados através do modelo ISAREG foram correlacionados com os dados observados (Tabela 1), através de indicadores estatísticos: *precisão*, dada pelo coeficiente de correlação “r” (ALLEN et al., 1998); *exatidão ou concordância*, através do índice de concordância de Willmott “d” (WILLMOTT, 1985) e *de desempenho ou confiança* “c” (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), em que P_i é o valor estimado, O_i o valor observado e O a média dos valores observados. As equações que representam os índices de correlação, exatidão e desempenho são respectivamente as seguintes:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2 \sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}} ; \quad d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] ; \quad c = r \cdot d$$

A precisão é dada pelo coeficiente de correlação que indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, ou seja, o erro aleatório. A exatidão está relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados, cujos valores variam de zero, para nenhuma concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice de desempenho ou confiança “c” é representado pelo produto dos índices de precisão “r” e de exatidão “d”, onde valores de “c” > 0,85 indicam desempenho ótimo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) obtidos na simulação do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) calculados na simulação do balanço hídrico do solo para a relação entre os valores estimados pelo ISAREG e observados, para a cultura do milho cultivado em oito diferentes datas de plantio, sob três sistemas de uso/manejo do solo, no período de 1990 a 2010, para a região de São Miguel do Oeste, SC.

Plantio	11/Set	01/Out	21/Out	11/Nov	01/Dez	21/Dez	11/Jan	01/Fev
Cultivo Mínimo								
r	0.982	0.978	0.974	0.976	0.963	0.973	0.992	0.997
d	0.997	0.996	0.996	0.996	0.994	0.996	0.999	1.000
c	0.979	0.974	0.969	0.972	0.957	0.970	0.991	0.997
Plantio Direto								
r	0.980	0.976	0.972	0.973	0.959	0.970	0.990	0.996
d	0.996	0.995	0.995	0.995	0.994	0.996	0.999	1.000
c	0.977	0.972	0.967	0.969	0.954	0.966	0.989	0.996
Pastagem Perene								
r	0.981	0.978	0.973	0.975	0.962	0.973	0.991	0.997
d	0.997	0.996	0.995	0.996	0.994	0.996	0.999	1.000
c	0.978	0.974	0.969	0.971	0.956	0.969	0.990	0.996

Os altos valores dos coeficientes de correlação obtidos em todas as avaliações indicaram o pequeno grau de dispersão dos dados em relação à média; os índices de concordâncias revelaram a boa precisão do modelo; os valores do indicador de desempenho obtidos na avaliação classificaram o modelo como ótimo, conforme a escala proposta por CAMARGO; SENTELHAS (1997).

Os resultados obtidos demonstram que o modelo ISAREG apresentou um detalhado balanço hídrico do solo, sendo validado neste trabalho nas condições avaliadas, confirmando o obtido por JOBIM; LOUZADA (2009) e SARAIVA (2010), que relataram uma bem sucedida aplicação do modelo em diferentes regiões.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada a avaliação, o modelo ISAREG simula satisfatoriamente o balanço hídrico do solo, validando sua utilização na região de São Miguel do Oeste, Extremo Oeste do Estado de Santa Catarina.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.SMITH, M. **Crop Evaporation**. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage. Paper n.56, FAO, Rome. 1998.
- CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89–97, 1997.
- CHATERLAN, Y.; DUARTE, C.; LEÓN, M.; PEREIRA, L.S.; TEODORO, P.R.; GARCÍA, R.R. Coeficientes de cultivo de la cebolla y su determinación con el modelo ISAREG. In: **MODERNIZACIÓN DE RIEGOS Y USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN** (Red CYTED-Riegos, La Paz, Bolívia, Set. 2007). **Anais...** La Paz, Bolívia CD-ROM. 2007.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO. Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33. 1979. 212p.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **SISAGRO II** – Sistema Agrometeorológico para Computador. 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Vegetal**. Acessado em 21 nov. 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=283&z=t&o=3>
- JOBIM, C.I.; LOUZADA, J.A.S. Avaliação de desempenho do modelo ISAREG de simulação de balanço hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.15, n.2, p.91-98, 2009.
- LOUZADA, J.A.S. **Simulação da irrigação por inundação e da drenagem nos solos de várzea do Rio Grande do Sul**. 2004. 202f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas.
- SARAIVA, K. R. **Validação e aplicação prática do modelo “Isareg” no manejo da irrigação da cultura da melancia no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará**. 2010. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará.
- TEIXEIRA, J.L.; PEREIRA, L.S. ISAREG – An irrigation scheduling model. **ICID Bulletin**, New Delhi, v.41, n.2, p.29-48, 1992.
- VEIGA, M. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. Florianópolis: EPAGRI, 2011. 52p. (Epagri. Boletim Técnico, 156).
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; ROWE, C.M.; O'DONNELL, J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.