

REGIONALIZAÇÃO DA LÂMINA SUPLEMENTAR DE IRRIGAÇÃO E ÉPOCA DE SEMEADURA DO MILHO NO ESTADO DE GOIÁS E DISTRITO FEDERAL

REGIONALIZATION OF IRRIGATION ADDITIONAL LEVEL PLANTING BETTER TIME FOR CORN IN GOIÁS STATE AND DISTRITO FEDERAL

Luiz Fernando Coutinho de OLIVEIRA¹; Mellissa Ananias Soler da SILVA²

1. Professor, Doutor, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. lfc@pq.cnpq.br ;

2. Professora, Doutora, Escola de Agronomia, Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo a estimativa da lâmina suplementar de irrigação e definição da melhor época de plantio para a cultura de milho de verão, safrinha e de inverno no Estado de Goiás e no Distrito Federal. A lâmina suplementar de irrigação foi estimada empregando o software DEMANDA, utilizando para tal, o banco de dados climáticos da rede do Instituto Nacional de Meteorologia. A definição da melhor época de plantio para a cultura do milho, considerando a irrigação suplementar, permitiu uma redução média na demanda total da quantidade de água a ser aplicada nos plantios de verão, safrinha e inverno de 76, 62 e 34%, respectivamente. Para as estações climatológicas empregadas nesse estudo foram regionalizadas, empregando técnicas de geoprocessamento, as datas de semeadura do milho e as lâminas suplementares de irrigação. Os mapas temáticos gerados contendo as informações das datas de semeadura do milho e lâminas suplementares de irrigação servirão de orientação para os projetistas de sistemas de irrigação e para os agricultores com relação as melhores épocas do cultivo do milho de forma a aproveitar o regime pluvial.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico. Evapotranspiração. Precipitação.

INTRODUÇÃO

Os principais elementos que influenciam na quantidade de água requerida pelas plantas são os climáticos, as características das plantas, as práticas culturais e o tipo de solo, sendo que, as principais técnicas para estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em dados climáticos (SEDIYAMA, 1996).

O clima do bioma do cerrado que ocupa a região central do Brasil, é classificado segundo Köppen, como tropical semi-úmido do tipo Aw, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos, com uma estação chuvosa e quente que se estende de setembro a março, com precipitação anual de 1.400 a 1.800 mm e temperatura média de 25°C a 30°C. Nessa região do país a atividade agrícola concentra-se no período chuvoso, quando ocorrem de 80 a 90% do total anual da precipitação, com volume em torno de 1.500 mm (LOEBMANN et al, 2007; ASSAD et al., 1998). Por se localizar numa região de topografia plana, há um predomínio de Latossolos, que são solos com boa drenagem natural e de modo geral de baixa retenção de água (IBGE, 2005).

A cultura do milho nas regiões do cerrado, principalmente nas regiões centro-oeste e sudeste respondem por mais de 25% da produção nacional (WREGGE et al, 1999). Segundo Rocha (2008) o levantamento da safra de grãos 2007/08, há uma

previsão de produção de milho de 53,4 milhões toneladas, em uma área cultivada de aproximadamente 13.177 mil ha.

As oscilações nas safras de milho, das principais regiões produtoras do Brasil, estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento dos grãos (BERGAMASCHI et al, 2006). Segundo SANS et al. (2001), a água é fator determinante da produção da cultura do milho, principalmente, na fase de germinação, e nos períodos de floração e enchimento de grãos. Dessa forma, a escolha da época de semeadura é uma forma de selecionar períodos em que as condições climáticas dominantes indicam disponibilidade de água para os períodos críticos.

Segundo Bergamaschi et al (2004), quando o déficit hídrico ocorre durante o período crítico da cultura do milho, a produtividade de grãos é afetada, reduzindo, principalmente, o número de grãos por espiga. Nessas condições, o uso da irrigação torna-se fundamental, pois é no período crítico que ocorrem os maiores efeitos do déficit hídrico e também a maior eficiência do uso da água, tanto na produção de matéria seca quanto na produtividade dos grãos. Os autores verificaram que um intenso déficit hídrico provocado por um curto período de estiagem e alta demanda evaporativa, no início da fase de pendoamento, causou um forte impacto na

produtividade de grãos na cultura do milho não irrigada, que se manteve abaixo de 2000 kg ha⁻¹, enquanto que a área irrigada produziu cerca de 10000 kg ha⁻¹.

No Brasil, segundo Carvalho et al (2005), nas áreas produtoras de milho ocorrem duas estações de cultivo no ano agrícola, ou seja: uma corresponde a 95% da produção total, no período chuvoso, e a outra aos 5% restantes no período seco denominado safrinha. Embora o milho plantado fora de época, passe por períodos em que a precipitação pluvial não é tão expressiva como no restante do ano, esta, na forma de precipitação efetiva, deve ser contabilizada no cálculo da lâmina de irrigação como forma suplementar (SAAD; FRIZZONE, 1982; SOUSA et al, 2002).

A quantidade de água necessária à irrigação resulta de um balanço feito, para um dado período, entre a evapotranspiração da cultura e as precipitações pluviárias efetivas (DANTAS NETO et al, 2005). As irrigações, quando realizadas, devem ser programadas de forma a suplementar a deficiência hídrica no solo, resultante da irregular distribuição temporal, decorrente da forma probabilística com que as precipitações pluviárias ocorrem (SOARES et al., 1999; FARIA et al., 2000).

Segundo Sedyama (1996) é importante a obtenção de dados climáticos regionais confiáveis visando às estimativas mais precisas da evapotranspiração e ao melhor aproveitamento das precipitações naturais no dimensionamento de sistemas de irrigação. Registros históricos de dados climáticos possibilitam a estimativa da precipitação e da evapotranspiração, permitindo que o balanço de água no solo. O balanço de água no solo é utilizado na obtenção prévia das demandas total e diária de irrigação suplementar, de acordo com a época de plantio da cultura, tornando possível seu planejamento de maneira a utilizar a precipitação natural com maior eficiência (SOUSA, 1993).

Nos últimos anos, a maioria dos estudos climáticos relacionados aos cerrados foi de caráter local, sendo considerados de abrangência limitada, tornando-se necessária a utilização de um sistema de informação geográfica, principalmente, se o interesse é a regionalização das informações pluviométricas.

No Brasil, de modo geral, os projetos de irrigação são dimensionados em termos de irrigação total, de modo a atender as necessidades hídricas nos períodos críticos para os cultivos, não levando em consideração as precipitações naturais, o que poderia ocasionar um superdimensionamento (OLIVEIRA; CARVALHO, 2003).

A análise da distribuição de chuvas tem sido apresentada em bases probabilísticas para identificar áreas e épocas de plantio com maiores chances de sucesso para a agricultura de sequeiro, bem como para identificar a conveniência do uso da irrigação suplementar. Deve-se salientar que, ao se adotar a prática da irrigação suplementar, de forma bem planejada, menores investimentos e custos operacionais serão requeridos e, em consequência, a possibilidade de lucros será mais elevada (SILVA, 1982). É importante considerar também que a cultura do milho tem se constituído na um das principais culturas agrícolas no Estado de Goiás, representando em torno de 30% da área cultivada na safra 2007/2008 (CAVALCANTI; PODESTÀ, 2008).

Ante o exposto, o objetivo do presente foi estimar e espacializar as lâminas suplementares de irrigação para a cultura de milho de verão, safrinha e inverno no Estado de Goiás e Distrito Federal, bem como a definição das melhores datas de plantio de forma a aproveitar o regime pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação das lâminas suplementares de irrigação utilizaram-se dados de evapotranspiração e precipitação pluvial provável, gerados por Oliveira; Carvalho (2003) empregou-se o software DEMANDA desenvolvido por Carvalho (1998). Para tal foram empregadas as estações meteorológicas, cadastradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), existentes no Estado de Goiás e Distrito Federal, com uma série histórica de 15 anos de observações diárias. Para melhorar a regionalização das informações, selecionaram-se também estações dos Estados limítrofes (Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins), totalizando 27 estações (Tabela 1).

O software DEMANDA permite a estimativa da evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Montheith, descrito por Allen et al. (1998), adotado como a metodologia padrão FAO. A precipitação provável foi estimada com base na série histórica dos dados diários de precipitação, empregando a distribuição gama, com a probabilidade de ocorrência, de 75%, segundo Bernardo et al (2006).

Com base nos valores diários da evapotranspiração de referência e da precipitação provável, procurou-se associar o estágio de floração e enchimento de grãos da cultura do milho para as diferentes épocas de semeadura (verão, safrinha e inverno) com a de maior probabilidade de ocorrência de chuvas, reduzindo a demanda total de

água ao longo do ciclo da cultura e diminuindo a lâmina suplementar de irrigação. Para tal, foi considerada para as diferentes épocas de semeadura

uma duração do ciclo total da cultura do milho de 120 dias.

Tabela 1. Estações do INMET empregadas no estudo da regionalização da lâmina suplementar de irrigação e época de semeadura do milho

Código do INMET	Município	Estado	Latitude (S)	Longitude (W)
83236	Barreiras	BA	12°09'	45°00'
83238	Paratinga	BA	12°41'	43°12'
83076	Santa Rita de Cássia	BA	11°01'	44°31'
83579	Araxá	MG	19°34'	46°56'
83514	Capinópolis	MG	18°41'	49°34'
83481	João Pinheiro	MG	17°41'	46°10'
83524	Monte Alegre de Minas	MG	18°52'	48°52'
83479	Paracatu	MG	17°13'	46°52'
83531	Patos de Minas	MG	18°34'	46°31'
83577	Uberaba	MG	19°45'	42°51'
83615	Água Clara	MS	20°27'	52°53'
83611	Campo Grande	MS	20°27'	54°27'
83512	Coxim	MS	18°03'	54°46'
83704	Ivinhema	MS	22°19'	53°56'
83565	Paranaíba	MS	19°42'	51°11'
83665	Sangradouro	MT	15°38'	53°05'
83228	Peixe	TO	12°09'	45°00'
83377	Brasília	DF	15°47'	47°56'
83368	Aragarças	GO	15°54'	52°14'
83526	Catalão	GO	18°11'	47°57'
83379	Formosa	GO	15°32'	47°02'
83423	Goiânia	GO	16°40'	49°15'
83374	Goiás	GO	15°55'	50°08'
83467	Mineiros	GO	17°34'	52°33'
83332	Posse	GO	14°06'	46°22'
83376	Pirenópolis	GO	15°51'	48°58'
83470	Rio Verde	GO	17°48'	50°55'

Empregando os valores dos coeficientes da cultura de milho (Tabela 2) apresentados por Allen et al. (1988) associado à duração das fases fenológicas obtidas por Gadioli et al (2000), estimou-se a evapotranspiração potencial permitindo a obtenção da lâmina suplementar de irrigação como segue:

$$ET_{pc} = E_{To} \cdot K_c$$

[1]

$$I_s = P_p - ET_{pc}$$

[2]

Onde:

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura do milho, $mm.dia^{-1}$;

E_{To} = evapotranspiração de referência, $mm.dia^{-1}$;

K_c = coeficiente da cultura;

I_s = lâmina suplementar de irrigação, $mm.dia^{-1}$;

P_p = precipitação provável, $mm.dia^{-1}$.

Tabela 2. Coeficiente de cultura para diferentes estádios de desenvolvimento do milho

Cultura	Períodos de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Kc	0,30	0,70	1,05	0,80
Duração (dias)	12	60	105	120

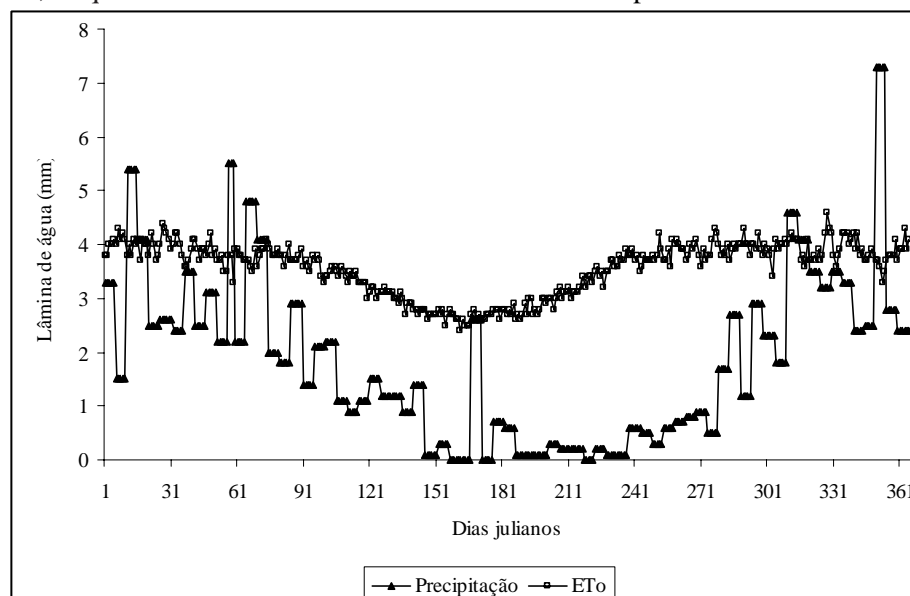
No cálculo da lâmina suplementar, foram feitas as seguintes considerações: o solo que apresenta a maior frequência de ocorrência na região Centro-Oeste, segundo o IBGE (2005) é o Latossolo, sendo, portanto, considerado de abrangência em todo território do Estado de Goiás e Distrito Federal; a capacidade de água disponível para os Latossolos típicos da região Centro-Oeste segundo as recomendações de Sans et al (2001) é de 40 mm; e que toda precipitação provável foi considerada como efetiva.

Os valores estimados de I_s e da data da semeadura em dias julianos, foram regionalizados permitindo a geração dos mapas temáticos das lâminas suplementares de irrigação para diferentes épocas de semeadura do milho para as safras de verão, safrinha e inverno. Na espacialização das lâminas suplementares de irrigação e das datas de semeadura do milho no estado de Goiás e Distrito Federal, empregou-se nas interpolações a krigagem geoestatística. A krigagem geoestatística consiste do preditor geoestatístico, o qual estima uma variável

num determinado local, atribuindo pesos para cada um dos pontos vizinhos a este local. Esses pontos constituem a vizinhança de krigagem. Isto é possível somente após detectar se há influência da posição nos valores da variável em estudo, o qual é obtido somente após estudo da estrutura de dependência espacial dos dados (VIEIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores diários da evapotranspiração de referência e da precipitação provável para a estação de Goiânia, estimados pelo software DEMANDA, na qual pode-se observar o comportamento sazonal do período chuvoso. Este comportamento se verifica para as demais estações empregadas neste estudo, sendo, portanto, típico da região Centro-Oeste. Para a estação de Goiânia, pode-se verificar na Figura 1 dois regimes pluviiais bem definidos: de Outubro a Março com predomínio da estação chuvosa e, de Abril a Setembro um período seco.

**Figura 1.** Comportamento sazonal da Precipitação e ETo para Goiânia, GO.

Pela análise do comportamento sazonal da precipitação provável, definiu-se a melhor data da semeadura do milho para que houvesse a coincidência do estádio de maior demanda de água com o período de maior incidência das chuvas, na tentativa de reduzir a lâmina suplementar de irrigação.

A Tabela 3 apresenta os valores percentuais de redução da demanda total de água para a cultura do milho, com a adoção da irrigação suplementar, para diferentes épocas de semeadura no Estado de Goiás e Distrito Federal. As reduções médias no percentual da demanda total de água observadas ao longo do ciclo da cultura de milho foram de 76, 62 e

34% para os plantios de verão, safrinha e inverno, respectivamente. O percentual de redução foi maior nos plantios de verão e safrinha, por coincidir com os períodos de maiores ocorrências de chuvas, em que a irrigação é feita nos curtos períodos de estiagens e nos intervalos entre irrigações, em que a

soma da evapotranspiração da cultura supera a precipitação provável. O mesmo não se verifica no plantio de inverno, fato que acarretou um percentual médio de redução menor em relação à demanda total de água na cultura do milho.

Tabela 3. Demandas total e suplementar de água (mm), para a cultura de milho em algumas estações no Estado de Goiás e Distrito Federal

Localidades	Verão		Safrinha		Inverno	
	Total	Suplementar	Total	Suplementar	Total	Suplementar
Aragarças	415	78	378	119	334	242
Brasília	416	54	395	171	351	229
Catalão	430	84	413	129	353	238
Formosa	402	110	412	133	372	164
Goiânia	435	114	420	123	324	232
Goiás	420	90	422	54	350	212
Mineiros	431	115	408	218	338	250
Pirenópolis	397	44	401	134	342	181
Posse	405	160	439	301	386	306
Rio Verde	425	136	422	193	329	251
Média	418	99	411	158	348	230
Redução (%)	76		62		34	

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se inferir que a redução na demanda de irrigação quando se adotou a suplementação do regime pluvial e adoção de melhores datas de semeadura, visando reduzir o efeito do déficit hídrico no período crítica da cultura do milho, para as safras verão, safrinha e inverno, pode proporcionar maiores reduções no consumo de água e energia.

As Figuras 2 e 3 apresentam os mapas temáticos gerados pela regionalização das lâminas suplementares de irrigação e das datas de semeadura para as safras de verão, safrinha e inverno, a partir das estimativas realizadas com base nas informações climáticas obtidas nas estações do INMET empregadas neste estudo.

Para as estações do INMET empregadas neste estudo, não houve coincidência do início das datas de semeadura devido as variabilidade do regime pluvial, portanto os mapas temáticos gerados podem servir de indicador de melhores épocas de semeadura.

Pode-se observar nessas figuras que as regiões Sul e Sudoeste do Estado de Goiás, onde se encontram as estações de Catalão, Mineiros e Rio Verde, que as semeaduras de verão, safrinha e inverno podem ser antecipadas, permitindo uma redução média da lâmina suplementar de irrigação de 6%. Este comportamento se deve ao fato de que, o início do período chuvoso nessas regiões se antecipa ao restante do estado e do Distrito Federal conforme verificado por Assad (1994) e Oliveira (2006).

A região Nordeste do Estado de Goiás, representada pela estação de Posse, verificou-se um acréscimo na lâmina suplementar de irrigação da cultura do milho de aproximadamente 38, 48 e 25% nas safras de verão, safrinha e inverno, respectivamente, em relação às demais regiões. Este comportamento se deve ao fato de que, a região Nordeste apresenta um período de estiagem mais prolongado em relação às demais regiões, concordando com as afirmações de Assad (1994) e Lobato et al. (2002).

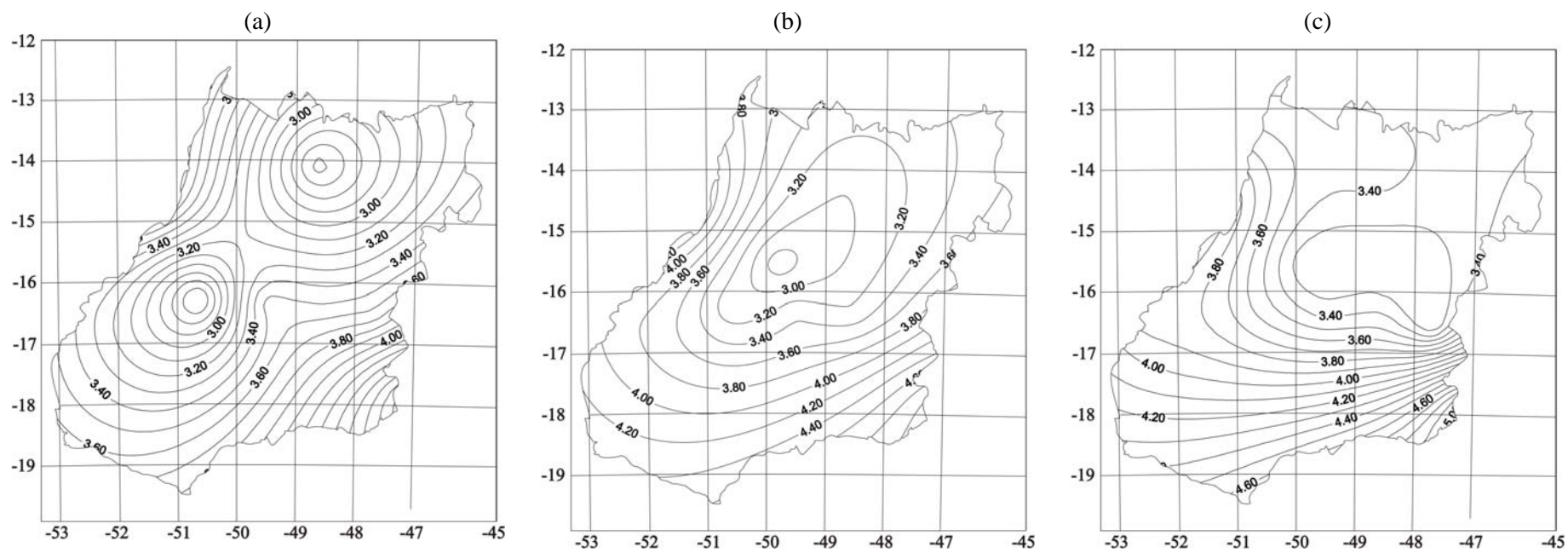


Figura 2. Lâmina suplementar de irrigação para a cultura do milho com plantio de (a) verão, (b) safrinha e (c) inverno.

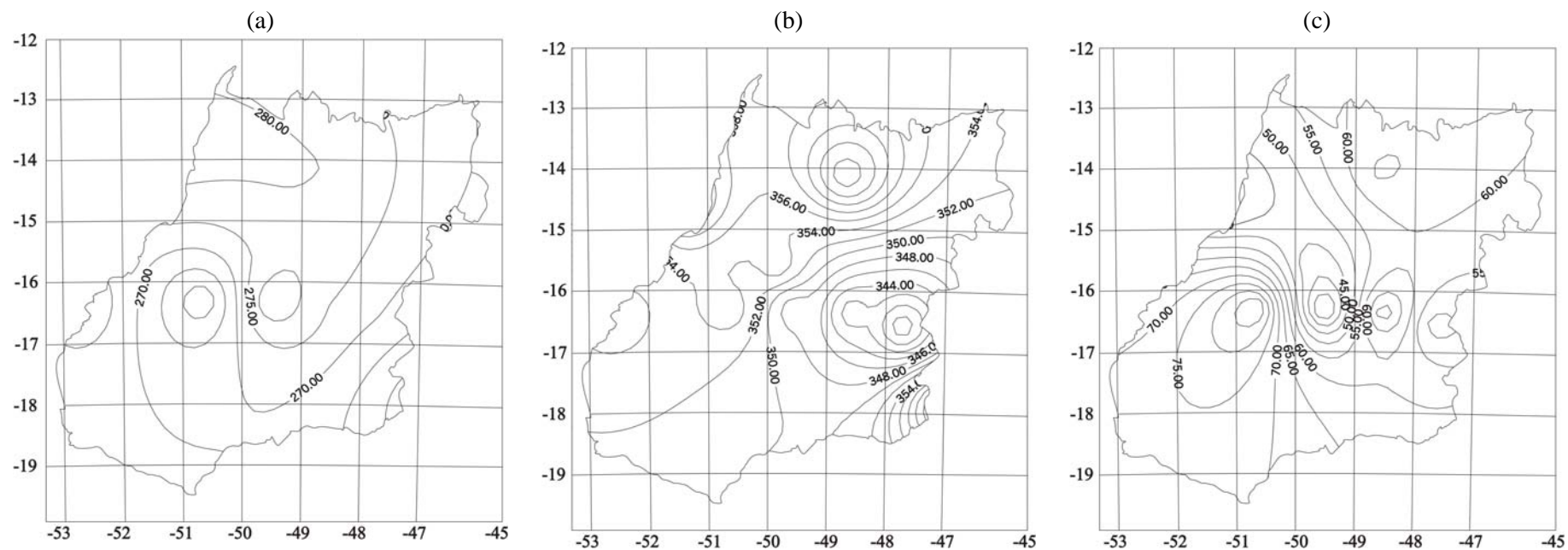


Figura 3. Datas de plantio, em dias julianos, para a cultura do milho de (a) verão, (b) safrinha e (c) inverno.

CONCLUSÕES

A adoção da irrigação suplementar para a cultura do milho permite uma redução na demanda total de água a ser aplicada nas safras de verão, safrinha e inverno no Estado de Goiás e Distrito Federal da ordem de 76, 62 e 34%, respectivamente,

possibilitando assim a elaboração de sistemas de menor porte, redução no consumo de energia e na quantidade de água necessária à irrigação.

Os mapas temáticos gerados servem de orientação na definição das melhores datas de semeadura do milho nas safras de verão, safrinha e inverno no Estado de Goiás e Distrito Federal.

ABSTRACT: This paper aimed to estimate irrigation additional level and definition planting better time for corn in the summer, middle season and winter in Goiás State and Distrito Federal. The irrigation additional level was estimated by DEMANDA software, using for that the climatic database of National Institute of Meteorology – INMET. The definition planting better time for corn, considering the irrigation additional level it allowed a reduction average in water quantity total demand being applied in summer, middle season and winter plantings of 76, 62 and 34%, respectively. The planting dates and the estimated irrigation additional level for the climatic stations used in this study were located allowing the generation of thematic maps that will serve of orientation for irrigation systems projectors and farmers.

KEYWORDS: Water balance. Evapotranspiration. Precipitation.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R. Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de dados pluviométricos. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. Sistema de informações geográficas: Aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa-CPAC/Embrapa-SPI, 1998 p. 251-309.
- ASSAD, E. D. Chuva no cerrado: Análise e espacialização. Brasília: Embrapa-CPAC/Embrapa-SPI, 1994, 423p.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho na produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Editora da UFV, 2006, 625p.
- CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; SILVA, W. A.; SOUZA, W. J.; ALVES SOBRINHO, T. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.112-118, 2006.
- CARVALHO, D. F. **Otimização do uso da água no perímetro irrigado de Gorutuba**. 1998. 145 f. (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- COSTA, M. H. **Modelo de otimização dos recursos hídricos para a irrigação, conforme a época de plantio**. Viçosa, 1991. 111f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

- CAVALCANTI, J.; PODESTÀ, I. **Brasil colhe maior safra da história. 2008.** Disponível em: <<http://pr.agronegocio.goias.gov.br>>. Acesso em: 1 de julho de 2008.
- DANTAS NETO, F. S.; COSTA, J. M. N.; SOARES, A. A. Sistema computacional aplicado ao cálculo da demanda hídrica georeferenciada para a cultura do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 215-221, 2005.
- FARIA, R. A.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 46-50, 2000.
- GADIOLI, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; LASANTA, M. V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005, 300p.
- LOBATO, E. J. V.; SACRAMENTO, G. L.; ANDRADE, R. S.; ALEIXO, V.; GONÇALVES, V. A. **Atlas climatológico do estado de Goiás**. Goiânia: Editora da UFG, 2002, 99p.
- LOEBMANN, D. G.; BORGES, M. E. S.; SOARES, F. S.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Processamento digital de imagens ASTER do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3945-3952.
- OLIVEIRA, A. L. R. **Risco climático e fator de resposta das culturas da cana-de-açúcar e do trigo para o estado de Goiás e Distrito Federal**. 2006. 99 f. (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F. Regionalização da lâmina suplementar de irrigação e época de plantio da cultura de feijão no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 106-110, 2003.
- ROCHA, D. Safra de grãos deverá crescer 3,1% em 2008, divulga a Conab. 2008. Disponível em: <<http://brasilatual.com.br>>. Acesso em: 2 de julho de 2008.
- SAAD, J. C. C.; FRIZZONE, J. A. Estudo da distribuição de frequência da precipitação pluvial visando ao dimensionamento de sistemas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 3, n. 2, p. 35-46, 1998.
- SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 527-535, 2001.
- SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração: necessidade de água para as plantas cultivadas**. Brasília: ABEAS, 1996. 176p.
- SILVA, E. L. **Relação solo-água-plantas**. Lavras: ESAL, 1982. 30p.
- SOARES, A. A.; CARVALHO, D. F.; FARIA, R. A.; SEDIYAMA, G. C. Determinação da precipitação provável e da irrigação suplementar para as culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e do milho (*Zea mays* L.), na região de Montes Claros, MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 29-38, 1999.
- SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; AZEVEDO, H. J.; BERBET, P. A.; VIANA, A. P. Estimativa da demanda hídrica provável na região Norte Fluminense. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 322-331, 2002.

SOUSA, E. F. **Modelo computacional aplicado ao manejo e planejamento da irrigação**. 1993. 65f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.

WREGGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; CARAMORI, P. H.; VASCONCELLOS, M. E. C.; OLIVEIRA, D.; ABUCARUB NETO, M.; BORROZZINO, E.; CAVIGLIONE, J. H. Risco de deficiência hídrica na cultura do milho no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 7, p. 1119-1124, 1999.