

## **Épocas de semeadura de milho em Minas Gerais: Utilização do modelo DSSAT para análise do risco climático**

Maria Emília Borges Alves<sup>1</sup>, Jéssica Sousa Paixão<sup>2</sup>, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade<sup>3</sup>, Tales Antônio Amaral<sup>4</sup>, Antônio José Steidle Neto<sup>5</sup>, Denise Freitas Silva<sup>6</sup>, Celina Cândida Ferreira Rodrigues<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola, DSc, Instituto CNA, Brasília, DF, mebalves@hotmail.com; <sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG, jessicaufsj@hotmail.com; <sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, PhD, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, camilo@cnpmc.embrapa.br; <sup>4</sup>Biólogo, MSc, doutorando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (SPAF), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas RS, tales\_aamaral@yahoo.com.br; <sup>5</sup>Engenheiro Agrícola, DSc, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia de Biosistemas, UFSJ, Sete Lagoas, MG, prof.netto@gmail.com; <sup>6</sup>BolsistaPNPD/CNPq, denise@cnpmc.embrapa.br; <sup>7</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo UNIFEMM, estagiária FUNARBE. candidacelina@hotmail.com

**Resumo:** A cultura do milho é bastante sensível à disponibilidade hídrica no solo que, por sua vez, está relacionada ao regime de chuvas do local. A época de semeadura da cultura é, portanto, crucial para o seu bom desempenho. Utilizou-se o modelo CSM-CERES-Maize, juntamente com dados históricos de clima, para simular cenários de épocas de semeadura do milho, em regime de sequeiro, para seis municípios de Minas Gerais. Os resultados de produtividade simulados foram analisados em termos de distribuição de frequência e de quebra da produtividade em relação a um valor médio máximo esperado. As janelas de semeadura obtidas foram diferentes daquelas preconizadas pelo zoneamento de risco climático do Ministério da Agricultura, uma vez que a metodologia aqui empregada integra vários fatores ainda não considerados pelo MAPA.

Palavras-chave: Zoneamento, simulação, CSM-CERES-Maize, *Zeamayz* L..

### **Introdução**

O Brasil, com uma produtividade que vem crescendo cerca de 4% ao ano, é o quarto maior produtor de milho, superado apenas pelos Estados Unidos, China e União Européia (AGRIANUAL, 2008). Na 1<sup>a</sup> safra de 2010 o Brasil apresentou um rendimento médio de 4.349 kg ha<sup>-1</sup>, que comparado com os 3.608 kg ha<sup>-1</sup> obtidos na 1<sup>a</sup> safra de 2009 (IBGE, 2012), indica um aumento de produtividade basicamente decorrente do avanço tecnológico, onde a redução de perdas devido aos riscos climáticos está embutida. Para a cultura do milho, a água é fator determinante da produção, principalmente, na fase de germinação e nos períodos de floração e enchimento de grãos. A disponibilidade de água é determinada pela distribuição e intensidade pluviométrica, capacidade de armazenamento de água do solo e consumo de água pela cultura (SANS et al., 2001). A maior parte da produção de milho no Brasil é realizada em condições de sequeiro, estando sujeita às instabilidades climáticas (SOUSA & PERES, 1998), o que torna fundamental o conhecimento do efeito da deficiência hídrica nos estádios de desenvolvimento das plantas de milho (SILVA et al., 2010). A escolha da época de semeadura é uma das formas mais baratas para se mitigar o efeito do estresse hídrico na cultura do milho, em regime de sequeiro.

Uma das formas de se estabelecerem épocas de semeadura é com a utilização de simulações. Modelos de simulação de culturas, capazes de prever o rendimento final das culturas, têm sido estudados intensivamente em várias partes do mundo. Estes descrevem matematicamente a dinâmica do crescimento das culturas através da integração numérica, com a ajuda de computadores (RECH et al., 2009). Atualmente, existe uma grande disponibilidade de modelos desenvolvidos para a simulação de crescimento de diversas culturas, cuja eficiência já fora comprovada em várias situações. Dentre estes, destaca-se o modelo *Cropping System Model* (CSM)-CERES-Maize, do sistema DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (HOOGENBOOM et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade da utilização do modelo CSM-CERES-Maize para definir épocas de semeadura de milho para regiões de Minas Gerais com diferentes condições climáticas.

### **Material e Métodos**

Utilizou-se o modelo CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT 4.5, previamente calibrado e avaliado, para simular o rendimento de grãos de milho, semeado em diferentes épocas do ano, em regime de sequeiro, em seis municípios do Estado de Minas Gerais. Empregou-se a ferramenta de análise sazonal do modelo, juntamente com dados históricos diários de clima para os municípios de Machado, Uberaba, Patos de Minas, Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas para simular cenários de épocas de semeadura. A localização dos municípios e o número de anos utilizados nas simulações são apresentados na Tabela 1. Por não se disporem de dados de solo e para possibilitar a comparação entre os municípios, assumiu-se que o solo dos locais de estudo eram similares ao Latossolo Vermelho muito argiloso (PANOSO et al., 2002) da área experimental da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, MG. Considerou-se o cultivo do híbrido simples de milho, BRS 1030, cujos coeficientes genéticos foram previamente calibrados (SANTANA et al., 2010), semeado com espaçamento de 0,9 metros entre fileiras e 68 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação consistiu de 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula (8-28-16) + Zn, aplicados na semeadura, e 200 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia, e 70 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio, aplicados em cobertura aos 40 dias após semeaduras (DAS). Desta forma, as diferenças na produtividade simulada do milho para as diferentes épocas de semeadura foram devido à apenas condições climáticas. O modelo foi programado para simular a produtividade de grãos de milho, para semeaduras semanais, iniciando em 01 de agosto e estendendo-se por 52 semanas até 24 de julho.

Os valores da produtividade simulada de grãos foram plotados na forma de distribuição de frequência para cada data de semeadura. Uma metodologia (AMARAL et al., 2009) foi também empregada para estabelecer a curva de quebra da produtividade ao longo do ano, permitindo que uma janela de semeadura fosse estabelecida para diferentes níveis de risco que o tomador de decisão estaria disposto a correr.

### **Resultados e Discussão**

Observa-se na Figura 1 que há dois tipos de variabilidade na produtividade simulada de grãos de milho: uma sazonal, que ocorre entre as diferentes datas de semeadura, ao longo do ano, e outra interanual, que acontece entre os anos, para uma mesma data de semeadura. Ambas são decorrentes das interações entre o genótipo e o ambiente. Para cultivos em regime de sequeiro, a precipitação é o fator climático que mais afeta a produtividade do milho, seguido da temperatura do ar e da disponibilidade de radiação solar, caracterizados pelas variações decorrentes das diferentes épocas de semeadura e anos de plantio, conforme observaram Alves et al. (2011). De uma forma geral, a distribuição sazonal da produtividade de milho segue aproximadamente a distribuição do regime de chuvas, que em Minas Gerais tem estações bem definidas, com um período chuvoso entre os meses de outubro e março e o período seco entre abril e setembro (Santana, 2004). Neste sentido, Alves et al. (2011) observaram que há uma estreita relação entre o volume precipitado e o rendimento da cultura do milho cultivada em regime de sequeiro e que, sob condições ótimas de disponibilidade de água, os fatores climáticos que mais influenciam na produtividade da cultura foram temperatura e radiação solar.

As maiores produtividades medianas simuladas de milho foram 7.501, 7.247, 6.467, 3.517, 6.351 e 6.480 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para Machado, Uberaba, Patos de Minas, Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas, para semeaduras realizadas em 28/11, 14/11, 21/11, 31/10, 21/11, 17/10. Em geral, quanto maior a altitude e mais baixa a latitude do município, mais cedo deve ocorrer à semeadura do milho, para se obterem produtividades mais elevadas. Mesmo para semeaduras realizadas nestas datas, observa-se uma grande variabilidade interanual. Em Machado o rendimento do milho variou de 4.583 a 9.504kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1A), enquanto em Uberaba a produtividade variou 2.856 a 9.012kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1B). Já em Patos de Minas, o rendimento variou de 2.274 a 9.190kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1C). Em Janaúba a produtividade variou de 0 a 6.240kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1D), enquanto João Pinheiro a produtividade do milho variou de 0 a 9.393kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1E). Para Sete Lagoas a variação foi de 0 a 8.661kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1F).

Segundo dados do IBGE (2012), o rendimento médio de milho para a 1ª safra, no período de 2003 a 2010, foi 5.438, 6.719, 5.850, 836, 4.556, 4.856 e kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para Machado, Uberaba, Patos de Minas, Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas. Estas cifras, inferiores os valores medianos simulados para as mesmas cidades, são o reflexo do nível de tecnologia empregado nas lavouras comerciais, que certamente deve ser inferior àquele que proporcionaria produtividades maiores. É possível que a época de semeadura empregada pelos agricultores não seja a mais apropriada para cada local, contribuindo também para produtividades inferiores ao esperado. Em todos estes municípios e mais especificamente no em Machado, Janaúba e Sete Lagoas, há um potencial para se obterem produtividades maiores que estas observadas pelo IBGE entre 2003 e 2010. De acordo com Santana (2004), além de possuir topografia acidentada, com altitudes variando de 250 a 2.700 metros, Minas Gerais sofre a influência de diversos sistemas meteorológicos que promovem considerável variabilidade nos elementos do clima, incluindo o regime de precipitação.

As curvas de quebra na produtividade são apresentadas na Figura 2. Nota-se que a redução na produtividade pode variar de zero a 100%, dependendo do local e da época de semeadura. Cabe ao tomador de decisão, seja ele o produtor rural, extensionista ou consultor, definir o nível de quebra que ele estaria disposto a aceitar para que se possa estabelecer uma janela provável de semeadura. Assumindo-se uma quebra tolerável de 10%, definiu-se a janela de semeadura para cada um dos municípios estudados. As épocas mais prováveis de semeadura para Machado, Uberaba e Patos de Minas, estimadas com esta metodologia, foram, respectivamente, 10/10-23/01, 10/10-26/12 e 10/10-19/12 (Figura 2A). Para Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas, as janelas de semeadura obtidas foram, respectivamente, 17/10-05/12, 24/10-12/12 e 10/10-05/12 (Figura 2B). De acordo com o zoneamento de risco climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2011) as épocas de plantio com menor risco para a cultura do milho para o ano de 2011, considerando um solo de textura argilosa, foram 01/10-31/12, 01/10-31/12, 01/10-31/12, 01/10-10/11, 01/10-01/12 e 01/10-10/12, respectivamente, para Machado, Uberaba, Patos de Minas, Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas. Observa-se que há uma discrepância entre as janelas de plantio recomendadas pelo zoneamento de risco climático do MAPA e aquelas estabelecidas com a utilização do modelo DSSAT, assumindo-se um nível de quebra de 10%. Obviamente as metodologias empregadas nos dois processos são diferentes. O modelo de simulação DSSAT integra vários fatores de clima, solo e cultura, que não são ainda totalmente considerados na metodologia do zoneamento de risco climático atual. O início do período de semeadura estabelecido pelo zoneamento atual foi de 01/10 para os seis municípios estudados, diferindo do que foi obtido

com a utilização do modelo DSSAT. Para alguns municípios a janela de semeadura obtida com o modelo de simulação é mais ampla, como em Machado ou mais restrita, como em Patos de Minas. A vantagem da metodologia aqui utilizada está na possibilidade do tomador de decisão definir o risco que estaria disposto a correr, além de ter uma estimativa da produtividade esperada.

### **Conclusão**

A utilização do modelo de simulação CSM-CERES-Maize para análise do risco climático no cultivo de milho de sequeiro permitiu não só a definição de janelas de semeaduras mais prováveis para cada município, como também a estimativa da produtividade mediana esperada. O período de semeadura poderá variar em função do nível de risco que o tomador de decisão estaria disposto a assumir. Verificou-se uma discrepância entre a janela de semeadura estimada com o modelo de simulação e aquela preconizada pelo zoneamento de risco climático do Ministério da Agricultura, devido às diferentes metodologias adotadas nos dois procedimentos.

### **Agradecimentos**

À FAPEMIG pelo apoio financeiro, à FUNARBE pela oportunidade de estágio e aos empregados de apoio da Embrapa Milho e Sorgo, pelo auxílio na coleta e análise de dados.

### **Literatura Citada**

AGRIANUAL - ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – São Paulo: Instituto FNP, 2008. 520p.

ALVES, M.E.B.; ANDRADE, C.L.T.; CÁRDENAS, R.R.; AMARAL, T.A.; SILVA, D.F. **Identificação e qualidade do efeito de fatores ambientais na produtividade da cultura do milho na região de Janaúba, MG**. Rev. Bras. Agric. Irrigada v.5, nº. 3, p.188-201, 2011

AMARAL, T.A.; ANDRADE, C.L.T.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, D.F.; SANTANA, C.B.; MOURA, B.F.; CASTRO, L.A. **Metodologia para o estabelecimento do período de semeadura de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 13p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 88).

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; HUNT, L. A.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; URYSEV, O.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; BATHELORE, W. D.; TSUIJ, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**. Version 4.5. Honolulu: University of Hawaii, 2009. CD-ROM.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática–SIDRA: tabela 839 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=839&z=t&o=11>>. Acesso em: 21 maio/2012.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Zoneamento Agrícola: aptaria Segmentadas por UF. 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso dia 22 maio/2012.

PANOSO, L.A.A.; RAMOS, D.P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novosistema brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

RECH, G.; PAVAN, W.;HÖLBIG, A. C. **Modelo de Simulador Aplicado ao Desenvolvimento de Culturas** . Revista Brasileira de Computação Aplicada (ISSN 2176-6649), Passo Fundo, v. 1, n. 1, p. 15-29, set. 2009 15.

SANTANA, M. O. **Análise espaço-temporal do regime de chuvas e seus efeitos no rendimento agrícola no estado de Minas Gerais**. 2004. 155p. (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

SANTANA, C. B.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. Parametrização do modelo Ceres-Maize para cultivares de milho. In: I SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC Júnior, 2010, Sete Lagoas.

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, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.527-535, 2001.

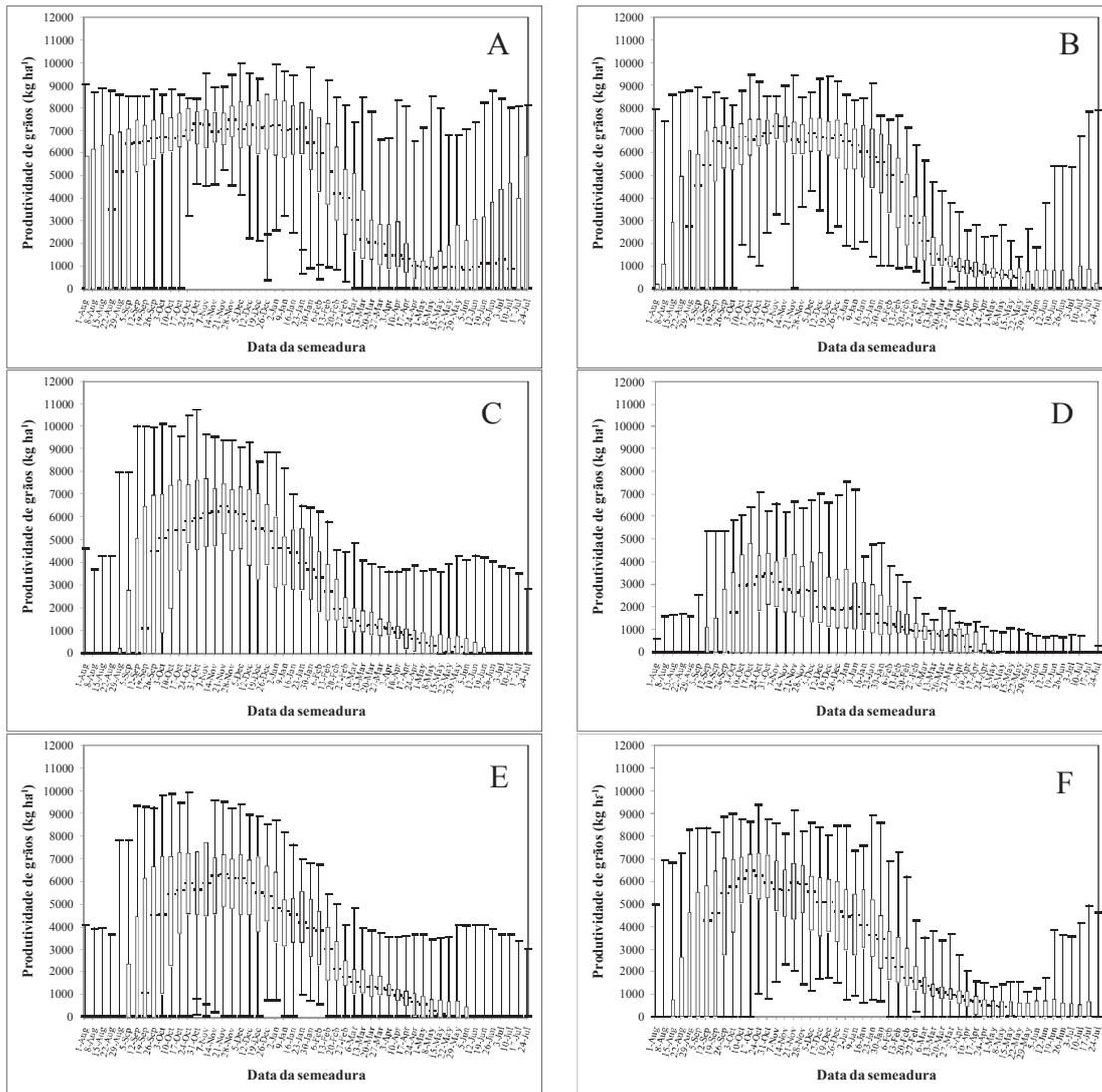
SILVA, D. F.; AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. L. T.; GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; ARAUJO, G. S. **Avaliação da produtividade de Milho (Zeamays L.) sob condições de três regimes hídricos em Sete Lagoas, MG. Pereira L.S., Victoria F.R.B., Paredes P., Garcia M., Palacios E.,Torrecillas A. (eds) 2010**. Tecnologias para o Uso Sustentável da Água em Regadio. Edições Colibri e CEER, Lisboa.

SOUSA, S. A. V.; PERES, F. C. **Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de rendimento**. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 33, n. 12, p. 1951-1956, 1998.

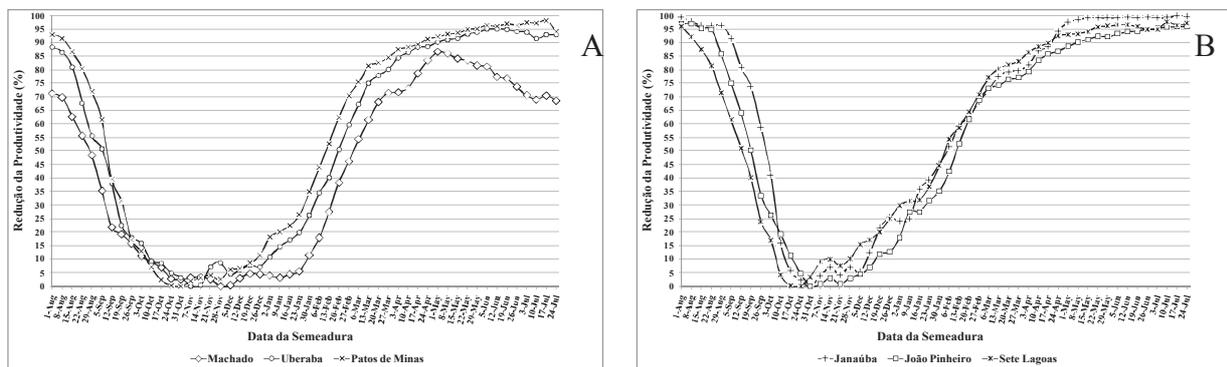
**Tabela 1:** Municípios do Estado de Minas Gerais avaliados nas simulações, suas respectivas coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) e período avaliado (série histórica de dados climáticos).

Cidade	Coordenadas Geográficas			Série histórica <sup>1</sup> (anos)
	Latitude	Longitude	Altitude	
Machado	21° 39' S	45° 55' W	820 m	47
Uberaba	19°44' S	47°55' W	801 m	49
Patos de Minas	18°34' S	46°31' W	832 m	48
Janaúba	15°48' S	43°18' W	533 m	32
João Pinheiro	17°44' S	46°10' W	765 m	42
Sete Lagoas	19° 27' S	44° 14' W	761 m	49

<sup>1</sup>Dados históricos diários obtidos na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET.



**Figura 1:** Distribuição de freqüência da produtividade de grãos de milho, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para diferentes datas de semeadura, em regime de sequeiro em: A=Machado; B=Uberaba; C=Patos de Minas; D=Janaúba; E=João Pinheiro; F=Sete Lagoas.



**Figura 2:** Redução da produtividade de grãos de milho em relação ao valor médio máximo histórico, para diferentes datas de semeadura em regime de sequeiro, nos municípios de Machado, Uberaba e Patos de Minas (A) e Janaúba, João Pinheiro e Sete Lagoas (B), MG.