

225

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Dezembro, 2016

Autores

**Christoph Hermann Passos
Tigges**Graduando em Engenharia
Agrônoma, Universidade
Federal de São João Del Rei
(UFSJ), Sete Lagoas, MG,
chris.tigges@gmail.com**Camilo de Leis Teixeira de
Andrade**Pesquisador, PhD Eng.
de Irrigação/Modelagem,
Embrapa Milho e Sorgo,
Rod. MG 424 km 45, Cx
Postal 151, CEP 35701-970
Sete Lagoas, MG, - camilo.
andrade@embrapa.br**Bruno Ferreira de Melo**Graduando Engenharia
Ambiental, UNIFEMM,
Sete Lagoas, MG,
brunoferreiramelo@
hotmail.com**Tales Antônio Amaral**Biólogo, Dr. em
Agronomia, Bolsista
de Desenvolvimento
Tecnológico Industrial A do
CNPq
tales_aamaral@yahoo.
com.br

Épocas de Semeadura de Milho em Plantios de Sequeiro e Irrigado em Minas Gerais

Resumo

A demanda por milho tem crescido mundialmente ao longo dos últimos anos, fazendo com que produtores tenham que adequar o manejo a fim de aumentar as produtividades de suas lavouras. Todas as culturas estão expostas às inerentes variabilidades anuais e interanuais dos elementos climáticos, como precipitação, temperatura e radiação solar, fatores que afetam fortemente os rendimentos. Uma estratégia de mitigar o risco dos efeitos climáticos, que não implica gastos ao produtor, é a utilização de janelas de semeadura adequadas. Através do modelo de simulação da cultura, CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT, simularam-se semeaduras semanais, sob condições irrigadas e de sequeiro, para diversos municípios de Minas Gerais. Com os dados médios semanais de produtividade simulada definiram-se janelas de semeadura em que as chances de quebra de rendimento são menores. As janelas de semeaduras, obtidas com o uso de modelos de simulação são, em geral, mais restritivas que as estabelecidas pelo Zoneamento de Risco Climático do Mapa (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), pois, o modelo utiliza diversas equações matemáticas de modo a reproduzir as várias interações do sistema solo-planta-atmosfera, e não apenas o balanço hídrico do solo. As janelas de semeaduras obtidas para condições de sequeiro diferiram daquelas sob manejo irrigado. No cultivo de sequeiro, a água é o principal fator limitante, fazendo com que as janelas de semeadura adequadas sigam a distribuição pluvial. No regime irrigado, os fatores que definem o período de semeadura são a temperatura do ar e a radiação solar.

Introdução

O milho é um grão utilizado mundialmente, cuja importância é caracterizada pelas diversas formas de consumo, que vão desde a alimentação humana e animal até indústrias de alta tecnologia (IBGE, 2016). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial e o segundo maior exportador. O Estado de Minas Gerais ocupa o quinto lugar na produção nacional, em condições de sequeiro, deste cereal, quando se leva em consideração a primeira e a segunda safras (AGRIANUAL, 2015). Embora as produtividades de milho venham crescendo, o rendimento nacional médio de grãos de milho ainda é baixo, com valores de 4.797 kg ha⁻¹, na primeira safra, e de 4.864 kg ha⁻¹, na segunda safra de 2015/16 (ANUÁRIO BRASILEIRO DO MILHO, 2016). Observa-se, também, uma grande variação de produtividade entre as diferentes regiões e unidades federativas.

Na safra 2015/2016, verificou-se uma redução de 11% na área plantada na primeira safra e um aumento de 7,6% na da safrinha, evidenciando a concorrência que o milho, na primeira safra, enfrenta com a cultura da soja. Quando comparado ao ano anterior, apesar do acréscimo na área plantada do milho safrinha, o rendimento médio reduziu em 14,9% (CONAB, 2016), refletindo as fortes estiagens e instabilidades em outros elementos climáticos que vêm atingindo o Brasil nos últimos anos.

Minas Gerais é o segundo maior produtor de milho, quando se leva em consideração apenas a primeira safra, com rendimento médio de 6.377 kg ha⁻¹. Apesar de a produtividade média do milho ter apresentado um acréscimo de 13,1% na primeira safra de 2015/16, a produção agregada sofreu uma redução, em consequência da queda na área plantada e colhida (AGRIANUAL, 2015; IBGE, 2016).

Uma grande disparidade na produtividade média da cultura do milho é notada nas diversas regiões de Minas Gerais, nas duas safras. Os maiores valores de rendimento médio das duas safras foram 6.505 e 6.124 kg ha⁻¹, registrados no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Noroeste de Minas, respectivamente; os menores foram observados no Jequitinhonha e Vale do Mucuri, com cifras de 1.431 e 1.750 kg ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2015). Quando se considera apenas a primeira safra, período que geralmente se inicia em outubro, juntamente com as primeiras chuvas, os maiores valores de produtividade média obtidos foram 6.884 e 6.866 kg ha⁻¹ para, respectivamente, as regiões do Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, e os menores no Jequitinhonha e Vale do Mucuri, com respectivamente, 1.446 e 1.775 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015). Na segunda safra, observa-se que a produtividade das mesorregiões é menor em relação à primeira safra, com valores de 6.333 e 5.594

kg ha⁻¹ para, respectivamente, as regiões do Noroeste e Triângulo Mineiro, e valores mínimos de 1.220 e 1.578 kg ha⁻¹, para as regiões do Jequitinhonha e Vale do Mucuri, respectivamente (IBGE, 2015).

As razões para as baixas produtividades médias de milho no Brasil e em Minas Gerais, tanto na safra quanto na safrinha, podem ser várias, entre as quais o uso de cultivares inapropriadas ou com baixo potencial produtivo, correção inadequada do solo e baixo nível de adubação, baixa população de plantas, semeadura fora do período recomendado, controle inadequado de plantas daninhas, pragas e doenças, ocorrência de estresse hídrico, decorrente de seca ou veranico e ocorrência de baixas temperaturas ou geadas. Desconsiderando-se os fatores de manejo cultural, os quais o produtor pode controlar, o rendimento de grãos é definido pela interação da cultura com o sistema solo-planta-atmosfera (FORSTHOFER et al., 2006). Na safra, o sucesso no cultivo do milho sequeiro depende da ocorrência de condições climáticas adequadas por ocasião da semeadura e durante os períodos críticos de crescimento da cultura (CARDOSO et al., 2004). Portanto, uma estratégia para minimizar o risco de perdas de produtividade, relacionadas às condições climáticas, é a semeadura na época adequada, que praticamente não onera o custo de produção da lavoura (FORSTHOFER et al., 2006). Uma outra estratégia é o uso da irrigação, pois a cultura do milho responde ao insumo água. De acordo com Vian et al. (2016), a produtividade de milho irrigado no Rio Grande do Sul, pode atingir 18.000 kg ha⁻¹, em condições ótimas de manejo da cultura e da irrigação. Na safrinha, o bom desempenho da cultura do milho depende da antecipação da época de semeadura que, por sua vez, é afetada pela cultura antecessora que geralmente é a soja. De acordo com Duarte (2015), quanto mais tarde for semeado o milho safrinha, menor é a expectativa de produtividade,

por causa da redução da disponibilidade de água, das baixas temperaturas e do menor comprimento do dia. Na região Centro-Oeste, a disponibilidade de água reduz drasticamente no outono/inverno, limitando a semeadura da safrinha até fevereiro.

O milho apresenta grande sensibilidade a estresses biótico e abiótico, o que requer rigoroso planejamento e manejo, a fim de se obter produções elevadas (ANDRADE, 1995). Um dos efeitos do déficit hídrico nas culturas é a redução da área foliar, que, conseqüentemente, reduz a fotossíntese, interfere negativamente no ambiente físico das culturas, modificando o balanço de energia do sistema, assim como afeta outros processos (BERGAMASCHI, 1992). Bergamaschi et al. (2004) complementam que, se houver déficit hídrico no período crítico, que corresponde ao pré-florescimento até o início de enchimento de grãos, mesmo que o clima esteja favorável durante o restante do ciclo, pode haver efeitos negativos na cultura do milho.

Com a intenção de auxiliar os produtores na gestão dos riscos agrícolas, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) elaborou o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZRC) (BRASIL, 2016), uma ferramenta de política agrícola cujo objetivo é mitigar os riscos relacionados a condições climáticas e identificar a melhor época de semeadura das culturas, em diferentes tipos de solos, sob regime de sequeiro, para a safra e safrinha. No caso da safrinha, o ZRC estabelece patamares de risco climático, com base na frequência de atendimento do índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), nas fases críticas do ciclo do milho. Patamares de 20, 30 e 40% significam que o ISNA é atendido em, respectivamente, 80, 70 e 60% dos anos. Entretanto, esta metodologia utilizada no ZRC não leva em consideração o crescimento das culturas e suas interações com o solo e com a atmosfera, embora

determine o balanço hídrico no solo e avalie as necessidades e limitações térmicas e hídricas delas.

A metodologia tradicional para determinação de épocas de semeadura consiste na experimentação em campo, com semeaduras em diversas datas, requerendo uma elevada quantidade de recursos materiais e humanos. Além do mais, o resultado deste tipo de ensaio fica restrito aos anos para os quais eles foram conduzidos. Uma metodologia alternativa para se definir período de semeadura consiste na aplicação de modelos de simulação do crescimento de culturas, que descrevem o desenvolvimento, a dinâmica do índice de área foliar, a acumulação de fitomassa, o enchimento de grãos, a produtividade e o balanço de água e nitrogênio no solo (ANDRADE et al., 2009). Dentre os diversos modelos, destaca-se o CERES-Maize (*Crop Environment Resource Synthesis*) (JONES et al., 2003), presente na plataforma DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (HOOGENBOOM et al., 2014), que simula a produção da cultura do milho, sob diversas práticas de manejo, incluindo diferentes datas de semeadura. Para realizar a simulação são necessários dados relacionados ao crescimento e desenvolvimento da cultivar utilizada, do solo e uma série histórica diária de dados de clima. Como são empregadas séries históricas de dados de clima, o modelo penaliza a produtividade potencial de acordo com os diferentes estresses, que ocorrem durante o ciclo do milho, e gera dados de saída com valores de produtividade máximos, mínimos, medianos e médios, para certa data de semeadura.

O DSSAT permite a programação de diferentes tratamentos virtuais em uma mesma simulação, tais como diferentes níveis de adubações e de irrigação, diferentes estratégias de manejo do solo e da cultura, incluindo cultivares e variadas épocas de semeadura. Para cada tratamento são

gerados valores de produtividade máximos, mínimos, medianos e médios, o que possibilita o estabelecimento de períodos de semeadura, para os quais são mais prováveis a obtenção dos maiores rendimentos médios. Os procedimentos para aplicação desta abordagem estão descritos em Amaral et al. (2009). Além da janela de semeadura, esta metodologia permite a determinação da produtividade média esperada.

Materiais e Métodos

O modelo CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014) foi usado para simular a produtividade do milho, tanto em condições de sequeiro quanto sob irrigação. Simulações de épocas de semeadura semanais foram programadas para 19 municípios do Estado de Minas Gerais: Aimorés, Araçuaí, Araxá, Bambuí, Caratinga, Curvelo, Itamarandiba, Ituiutaba, Janaúba, Lavras, Montes Claros, Machado, Patos de Minas, Pompéu, Paracatu, Sete Lagoas, Uberaba, Unaí e Viçosa.

Dados diários históricos de clima foram obtidos no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis meteorológicas usadas como dados de entrada no modelo foram temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação pluvial e insolação ou radiação solar. A ferramenta *Weatherman* (PICKERING et al., 1994), do sistema DSSAT, foi utilizada para analisar a consistência dos dados, preencher falhas na temperatura do ar e na precipitação em períodos inferiores a sete dias, e para estimar a radiação solar a partir de dados de insolação, através da equação de Angstrom-Prescott (ANGSTROM, 1924; PRESCOTT, 1940). Em razão da inexistência de valores calibrados localmente para os coeficientes “a” e “b” da equação, estes foram padronizados em 0,25 e 0,50, respectivamente, conforme recomendado por Allen et al. (1998). Nas simulações foi utilizada uma série com 33

anos de dados diários de clima, iniciando-se em 1980.

Dados existentes de atributos físico-hídricos e químicos das camadas do perfil do solo, determinados a partir de amostras coletadas em instituições de educação e pesquisa e em fazendas, foram preparados no formato de entrada do modelo. Considerou-se o cultivo do híbrido simples de milho, DKB390PRO, cujos coeficientes genéticos foram previamente parametrizados (ANDRADE et al., 2016). Assumiu-se um espaçamento de 0,7 m entre linhas, com uma população de 68 mil plantas ha^{-1} , e a semeadura sendo realizada após braquiária que deixa no solo 2 t ha^{-1} de massa seca de palhada. A adubação na semeadura consistiu em 40 kg ha^{-1} de nitrogênio, na forma de ureia; 140 kg ha^{-1} de fósforo, na forma de superfosfato simples e 80 kg ha^{-1} de potássio, na forma de cloreto de potássio. Em cobertura, foram aplicados 150 kg ha^{-1} de nitrogênio, aos 25 dias após semeadura (DAS), e 150 kg ha^{-1} e 70 kg ha^{-1} , respectivamente, de nitrogênio e potássio, aos 40 DAS, como sulfato de amônio e cloreto de potássio. Para que se pudesse comparar as produtividades, as adubações no sistema de sequeiro foram iguais ao do sistema irrigado. Nas simulações do sistema irrigado, programou-se o modelo para repor a umidade do solo até a capacidade de campo, quando a água disponível no solo fosse reduzida em 50%, na camada 0 a 0,3 m.

O modelo foi programado para realizar semeaduras semanais, iniciando em primeiro de agosto e estendendo-se por 52 semanas, até 24 de julho. Desta forma, para cada semana e cada município, foram gerados 33 valores simulados de produtividade, expressos em matéria seca, que foram, posteriormente, corrigidos para 13% de umidade.

As produtividades médias de cada semana foram plotadas e, uma vez que o maior valor médio de produtividade simulada tenha sido

identificado, as porcentagens de quebra de produtividade, em cada data de semeadura, foram estabelecidas de acordo com a equação descrita em Amaral et al. (2009):

$$Y_q = \left(1 - \frac{Y_s}{Y_{m\acute{a}x}}\right) \times 100 \quad (\text{equa\c{c}\~{a}o 1}),$$

onde, Y_q é a porcentagem de quebra da produtividade; Y_s é a produtividade média da semana "S", em kg ha^{-1} ; $Y_{m\acute{a}x}$ é a máxima produtividade média entre todas as semanas, em kg ha^{-1} .

A análise da curva de quebra da produtividade permitiu o estabelecimento das janelas de semeaduras, para cada município. Assumiu-se que o produtor toleraria quebras de produtividade de no máximo 10%. A Figura 1 exemplifica a aplicação da metodologia para milho de sequeiro em Uberaba. Observa-

se que a janela de semeadura vai de 11 de setembro a 30 de janeiro.

A mesma metodologia, para definição das janelas de semeadura do milho em regime de sequeiro, foi aplicada para o sistema irrigado, em todos os 19 municípios estudados.

Os períodos de semeadura, obtidos com a aplicação da presente metodologia, foram comparados com as janelas de semeadura estabelecidas pelo ZRC, para a safra, considerando um solo de média retenção de água. No caso da safrinha, comparou-se a média das produtividades simuladas nas datas englobadas pelo período de semeadura do ZRC, considerando um solo de média retenção de água e um patamar de risco climático de 40%, com a maior produtividade média de sequeiro simulada na safra.

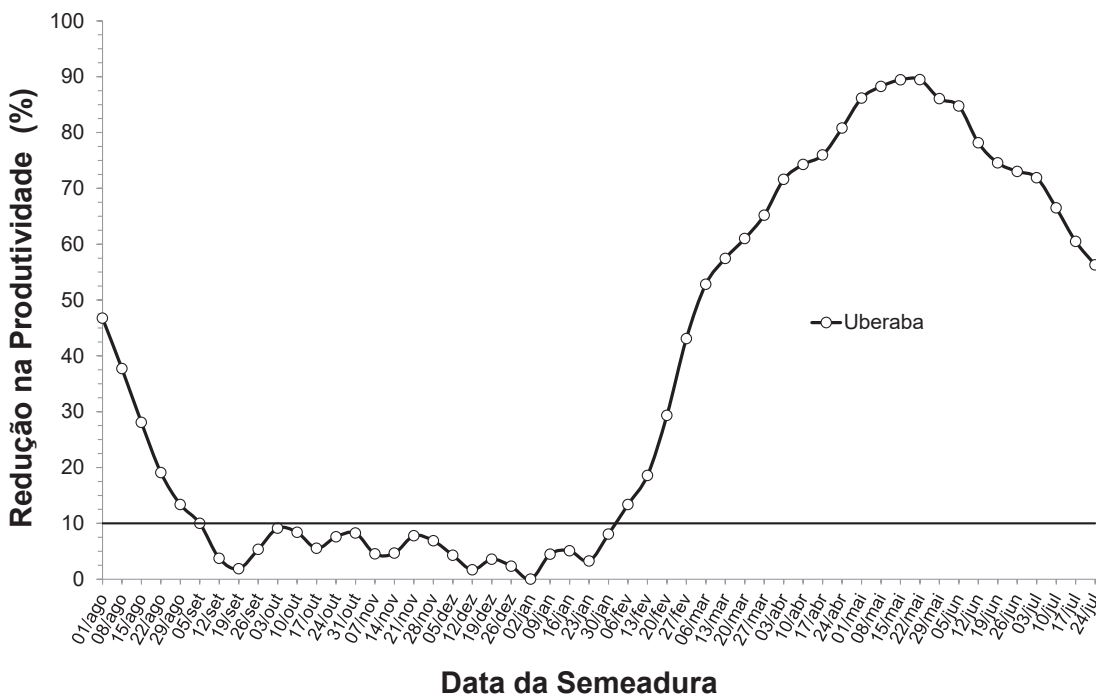


Figura 1. Redução da produtividade de milho, em relação ao maior valor médio, para diferentes datas de semeadura, em regime de sequeiro, no município de Uberaba. A linha horizontal representa a redução da produtividade máxima tolerada pelo produtor.

Resultados e Discussão

Produtividade e Período de Semeadura para o Milho Sequeiro

A Figura 2 apresenta os valores médios históricos de produtividade da cultura do milho sequeiro e irrigado, para semeaduras ao longo do ano, nos 19 municípios estudados.

Como era de se esperar, ocorreu uma grande variação nas produtividades médias ao longo do ano e entre os municípios, para uma mesma data. As condições climáticas de Minas Gerais não são homogêneas, em função de sua localização geográfica, relevo, continentalidade, variabilidade de biomas e de fitofisionomias, apresentando condições termodinâmicas que resultam em diferentes regimes de chuva e de temperatura do ar (GUIMARÃES et al., 2010).

Observa-se claramente na Figura 2 que água é o principal fator limitante para obtenção de produtividades elevadas de milho, em regime de sequeiro, mesmo nas melhores datas de semeadura. Os rendimentos médios de municípios localizados nas regiões Triângulo Mineiro, Sul/Sudoeste de Minas e Campo das Vertentes, conhecidas por terem uma boa distribuição e volume de precipitação em seus períodos de chuva, tiveram uma baixa redução de produtividade no regime de sequeiro em relação ao irrigado. Em contrapartida, os municípios de Aimorés, Araçuaí, Itamarandiba, Janaúba e Montes Claros, localizados nas regiões Norte de Minas, Vale do Jequitinhonha e Rio Doce, respectivamente, apresentaram grande redução da produtividade, em relação ao cultivo irrigado.

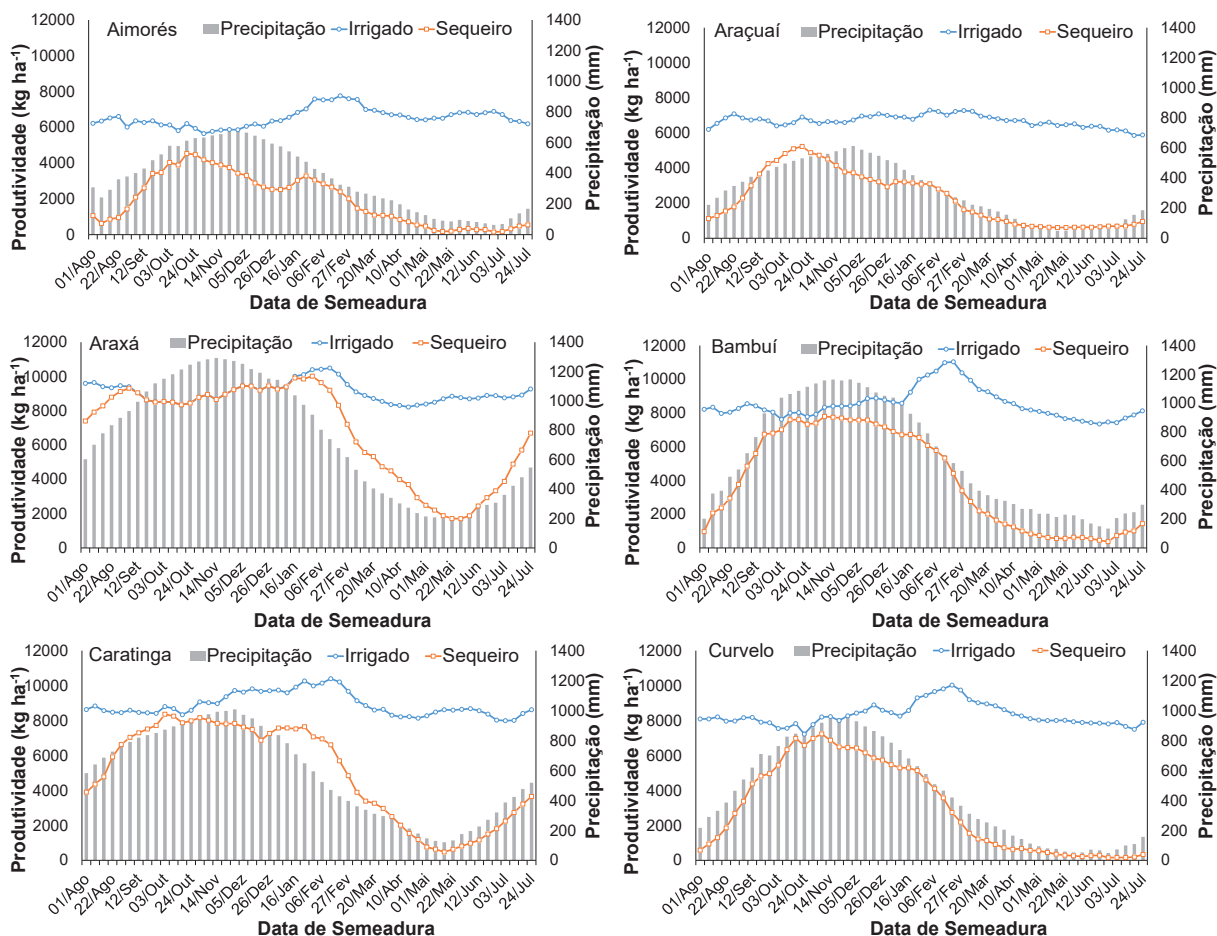


Figura 2. Produtividade média histórica de milho, em regime sequeiro e irrigado, e precipitação média durante o ciclo, para 19 municípios de Minas Gerais.

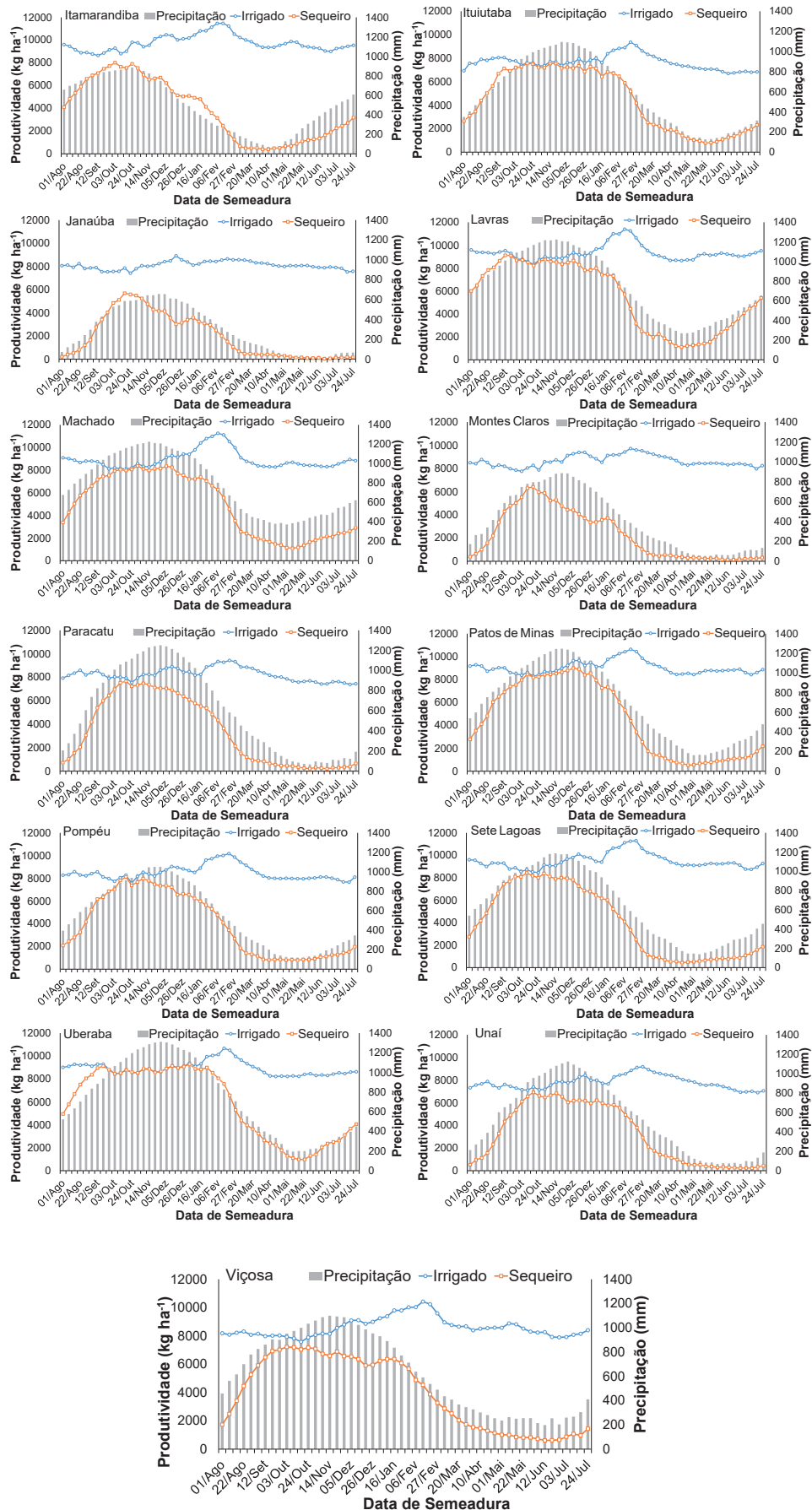


Figura 2 cont. Produtividade média histórica de milho, em regime sequeiro e irrigado, e precipitação média durante o ciclo, para 19 municípios de Minas Gerais.

Nota-se que a curva de produtividade ao longo do ano nos municípios de Araçuaí e Aimorés apresentou as menores produtividades simuladas para o Estado de Minas Gerais. Tais baixas produtividades se devem ao efeito de altitudes menores que 300 m, destes municípios, o que propicia temperaturas noturnas mais elevadas, causando o encurtamento do ciclo e o aumento da respiração de manutenção, com, conseqüente, redução do rendimento.

É importante ressaltar que os dados climáticos referentes ao município de Unaí não condizem com a realidade, pois a estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) está localizada no Vão e não reflete o clima das condições da Chapada, localizada 300 m acima e onde ocorre a maior parte da produção de milho do município.

Segundo Fritzsos et al. (2008), a temperatura do ar controla a duração do ciclo do milho e pode afetar a sua produtividade. Este elemento do clima é influenciado pela altitude, latitude e longitude e, normalmente, decresce com o aumento da altitude numa proporção de aproximadamente 1 °C por 100 m.

Plotou-se na Figura 3 a janela de semeadura, obtida através da aplicação da metodologia descrita em Amaral et al. (2009), bem como o período de semeadura estabelecido no ZRC do Mapa, para cultura do milho, nos municípios estudados.

Observou-se uma grande diferença entre as janelas de semeadura, obtidas no presente estudo, e aquelas estabelecidas pelo ZRC. Esse fato era esperado, uma vez que a metodologia do ZRC se baseia na capacidade de atendimento das necessidades hídricas e térmicas, durante a fase crítica da cultura do milho (BRASIL, 2016), enquanto a metodologia utilizada neste estudo utiliza um modelo complexo, baseado em processos biofísicos,

que consideram a maioria das interações da cultura com o sistema solo-planta-atmosfera.

Nota-se, também, considerável diferença entre o início, término e melhor data de semeadura das janelas de semeadura nos municípios, uma vez que as regiões não são homogêneas em termos de quantidade e distribuição de chuva e tipos de solo, sobretudo quanto à retenção de água. Cruz et al. (2011) afirmam que a quantidade de água extraível pela planta depende do tipo de solo, ou seja, da capacidade de retenção de água do solo, da profundidade efetiva de extração e da solução do solo. Esses fatores afetam a dinâmica de água no perfil de solo e a água total disponível para as culturas.

As janelas de semeaduras, obtidas com os resultados da modelagem baseada em processo, são mais restritivas que as recomendadas pelo ZRC, em onze municípios: Aimorés, Araxá, Bambuí, Curvelo, Janaúba, Machado, Montes Claros, Paracatu, Patos de Minas, Unaí (Vão) e Viçosa. A retenção de água do solo real de cada município (Tabela 1) é maior, em comparação com a do solo genérico (Tabela 2), de média retenção de água, usado no ZRC, fator relevante para explicar as diferenças observadas nos períodos de semeadura determinados nos dois procedimentos.

As melhores datas de semeadura, ou seja, aquelas associadas a produtividades máximas, estão concentradas, principalmente, no mês de outubro (Figura 3), início da época de chuvas na maioria dos municípios.

Realizando a semeadura nesta época, tem-se uma maior chance de sucesso na produção de milho, uma vez que a cultura tem a oportunidade de se estabelecer com um bom estande e receber água nas fases críticas, que vão da iniciação floral até o desenvolvimento da inflorescência, e do pendoamento até a maturidade fisiológica.

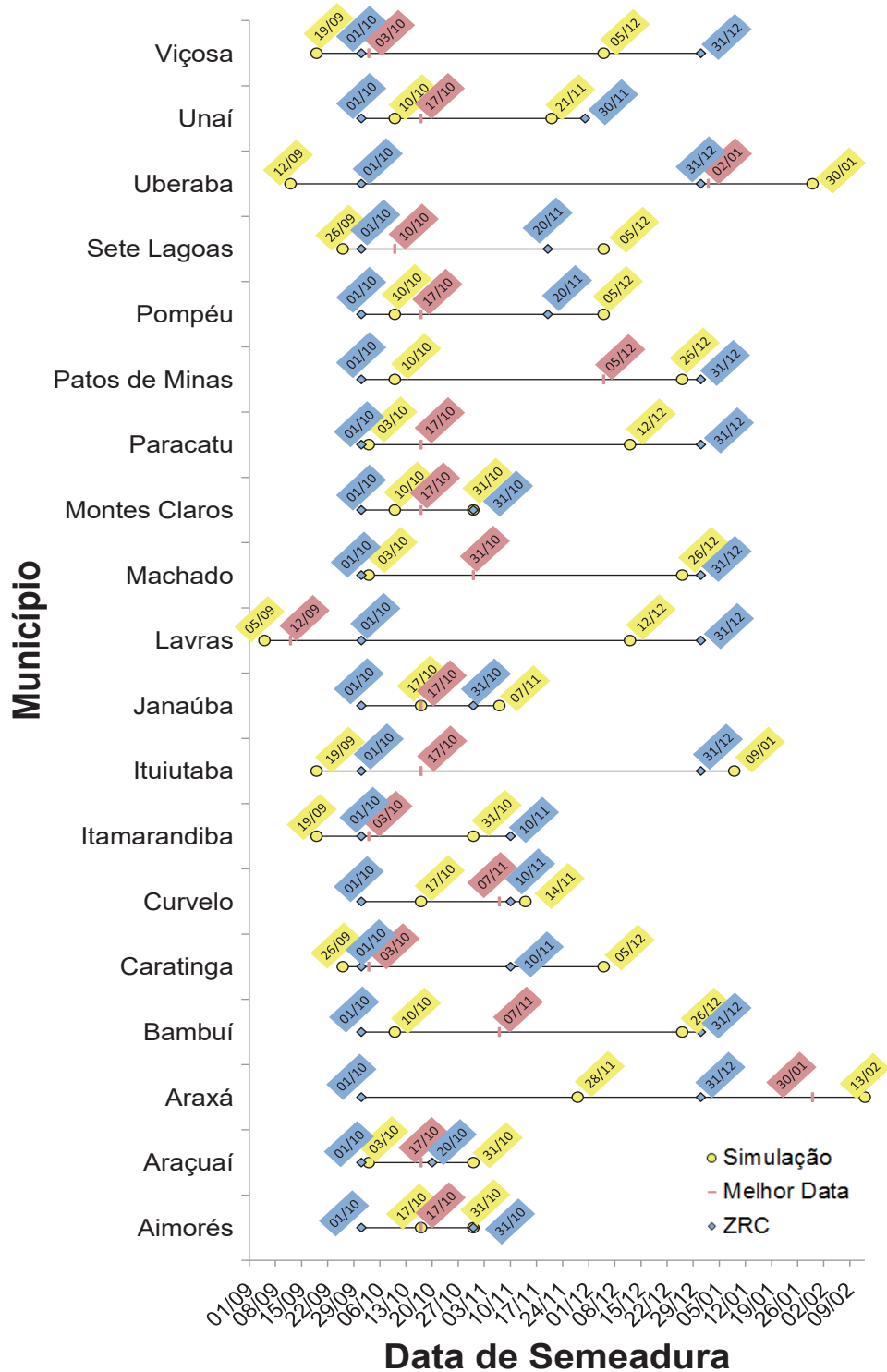


Figura 3. Janelas de semeadura do milho de sequeiro, determinadas com a aplicação da metodologia em questão e também as disponibilizadas pelo ZRC, para o solo de média retenção de água e 20% de nível de risco, em 19 municípios de Minas Gerais.

Tabela 1. Retenção de água de camadas do perfil do solo, até 0,5 m de profundidade, para cada município, agrupados por mesorregião

| Mesorregião | Município | Camada ¹ (m) | PMP ² | CC ³ | SAT ⁴ | AD ⁵ | Mesorregião | Município | Camada ¹ (m) | PMP ² | CC ³ | SAT ⁴ | AD ⁵ | | | |
|---------------------------------|---------------|----------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| Central | Curvelo | 0.05 | 15 | 21 | 21 | 6 | Sul | Machado | 0.05 | 9 | 17 | 28 | 8 | | | |
| | | 0.20 | 41 | 55 | 70 | 14 | | | Araxá | 0.20 | 31 | 48 | 81 | 17 | | |
| | | 0.40 | 53 | 76 | 98 | 23 | | | | Ituiutaba | 0.40 | 40 | 65 | 112 | 25 | |
| | | 0.50 | 27 | 40 | 50 | 13 | | | | | Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba | 0.50 | 21 | 33 | 59 | 12 |
| | | Acumulado | 136 | 192 | 239 | 56 | | | | | | Patos de Minas | Acumulado | 101 | 163 | 280 |
| | 0.05 | 12 | 18 | 25 | 6 | Uberaba | | 0.05 | | | | | 9 | 17 | 29 | 8 |
| | 0.20 | 33 | 50 | 76 | 17 | | | Zona da Mata | 0.20 | | | | 34 | 51 | 77 | 17 |
| | 0.40 | 45 | 74 | 107 | 29 | | | | Vieçosa | 0.40 | | | 46 | 66 | 106 | 20 |
| | 0.50 | 24 | 40 | 51 | 16 | | | | | Aimorés | 0.50 | | 25 | 36 | 54 | 11 |
| | Acumulado | 114 | 182 | 259 | 68 | | | | | | Vale do Rio Doce | Acumulado | 114 | 170 | 266 | 56 |
| Jequitinhonha | Araçuaí | 0.05 | 5 | 12 | 23 | 7 | Metropolitana de Belo Horizonte | | | | | Sete Lagoas | 0.05 | 10 | 18 | 29 |
| | | 0.20 | 21 | 43 | 54 | 22 | | Caratinga | | | | | 0.20 | 32 | 53 | 80 |
| | | 0.40 | 26 | 55 | 76 | 29 | | | Itamarandiba | | | | 0.40 | 42 | 61 | 109 |
| | | 0.50 | 14 | 26 | 31 | 12 | | | | Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba | | | 0.50 | 21 | 32 | 58 |
| | | Acumulado | 66 | 136 | 184 | 70 | | | | | Uberaba | | Acumulado | 105 | 164 | 276 |
| | 0.05 | 9 | 16 | 26 | 7 | Zona da Mata | | | | | | 0.05 | 6 | 13 | 22 | 7 |
| | 0.20 | 26 | 50 | 80 | 24 | | | Vieçosa | | | | 0.20 | 18 | 40 | 65 | 22 |
| | 0.40 | 34 | 54 | 104 | 20 | | | | Aimorés | | | 0.40 | 22 | 48 | 102 | 26 |
| | 0.50 | 18 | 29 | 53 | 11 | | | | | Vale do Rio Doce | | 0.50 | 11 | 25 | 53 | 14 |
| | Acumulado | 87 | 149 | 263 | 62 | | | | | | Caratinga | Acumulado | 57 | 126 | 242 | 69 |
| Metropolitana de Belo Horizonte | Sete Lagoas | 0.05 | 10 | 15 | 31 | 5 | Noroeste | | | | | Paracatu | 0.05 | 13 | 18 | 28 |
| | | 0.20 | 37 | 54 | 83 | 17 | | Zona da Mata | | | | | 0.20 | 38 | 55 | 82 |
| | | 0.40 | 47 | 72 | 117 | 25 | | | Vieçosa | | | | 0.40 | 50 | 71 | 115 |
| | | 0.50 | 30 | 36 | 61 | 6 | | | | Aimorés | | | 0.50 | 23 | 34 | 59 |
| | | Acumulado | 124 | 177 | 292 | 53 | | | | | Vale do Rio Doce | | Acumulado | 124 | 178 | 284 |
| | Paracatu | 0.05 | 12 | 19 | 30 | 7 | | | | | | Zona da Mata | 0.05 | 11 | 17 | 26 |
| | | 0.20 | 37 | 52 | 91 | 15 | | Vieçosa | | | | | 0.20 | 40 | 53 | 66 |
| | | 0.40 | 53 | 71 | 115 | 18 | | | Aimorés | | | | 0.40 | 57 | 74 | 100 |
| | | 0.50 | 25 | 37 | 58 | 12 | | | | Vale do Rio Doce | | | 0.50 | 31 | 41 | 47 |
| | | Acumulado | 127 | 179 | 294 | 52 | | | | | Caratinga | | Acumulado | 139 | 185 | 239 |
| Norte | Janaúba | 0.05 | 10 | 18 | 22 | 8 | Oeste | | | | | Bambuí | 0.05 | 14 | 18 | 26 |
| | | 0.20 | 33 | 48 | 59 | 15 | | Zona da Mata | | | | | 0.20 | 45 | 59 | 74 |
| | | 0.40 | 43 | 65 | 83 | 22 | | | Vieçosa | | | | 0.40 | 67 | 89 | 100 |
| | | 0.50 | 21 | 33 | 40 | 12 | | | | Aimorés | | | 0.50 | 31 | 42 | 55 |
| | | Acumulado | 107 | 164 | 204 | 57 | | | | | Vale do Rio Doce | | Acumulado | 157 | 208 | 255 |
| | Montes Claros | 0.05 | 7 | 14 | 21 | 7 | | | | | | Zona da Mata | 0.05 | 8 | 14 | 26 |
| | | 0.20 | 25 | 40 | 54 | 15 | | Vieçosa | | | | | 0.20 | 31 | 53 | 70 |
| | | 0.40 | 36 | 53 | 86 | 17 | | | Aimorés | | | | 0.40 | 41 | 59 | 78 |
| | | 0.50 | 17 | 24 | 48 | 7 | | | | Vale do Rio Doce | | | 0.50 | 6 | 9 | 47 |
| | | Acumulado | 85 | 131 | 209 | 46 | | | | | Caratinga | | Acumulado | 86 | 135 | 221 |
| Oeste | 0.05 | 7 | 14 | 21 | 7 | Zona da Mata | 0.05 | | | | | 10 | 15 | 28 | 5 | |
| | 0.20 | 25 | 40 | 54 | 15 | | Vieçosa | 0.20 | | | | 30 | 52 | 79 | 22 | |
| | 0.40 | 36 | 53 | 86 | 17 | | | Aimorés | 0.40 | | | 42 | 75 | 103 | 33 | |
| | 0.50 | 17 | 24 | 48 | 7 | | | | Vale do Rio Doce | 0.50 | | 22 | 37 | 55 | 15 | |
| | Acumulado | 85 | 131 | 209 | 46 | | | | | Caratinga | Acumulado | 104 | 179 | 265 | 75 | |

¹ Camada do solo; ² Ponto de murcha permanente; ³ Capacidade de campo; ⁴ Saturação;⁵ Capacidade total de água disponível

Tabela 2. Dados de um solo genérico similar ao solo tipo II, de média capacidade de retenção de água, do ZRC do Mapa.

| Camada ¹ | PMP ² | CC ³ | SAT ⁴ | AD ⁵ |
|---------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| (m) | | (mm) | | |
| 0,05 | 15 | 17 | 28 | 2 |
| 0,20 | 42 | 53 | 85 | 11 |
| 0,40 | 56 | 68 | 116 | 12 |
| 0,50 | 26 | 34 | 62 | 8 |
| Acumulada | 139 | 172 | 291 | 33 |

¹ Camada do solo; ² Ponto de murcha permanente; ³ Capacidade de campo; ⁴ Saturação;

⁵ Capacidade total de água disponível

As únicas exceções à semeadura em outubro são os municípios de Araxá, Bambuí, Curvelo, Lavras, Patos de Minas e Uberaba, cujas melhores datas de semeadura foram, respectivamente, 30 de janeiro, 7 de novembro, 7 de novembro, 12 de setembro, 5 de dezembro e 2 de janeiro. Nos municípios de Araxá, Ituiutaba e Uberaba, as janelas se estendem até, respectivamente, 13 de fevereiro, 9 de janeiro e 20 de janeiro, possibilitando a obtenção de rendimentos elevados no cultivo do milho safrinha, em regime sequeiro.

A mesorregião Sul/Sudoeste Mineiro tem seu pico de precipitação no mês de janeiro (GUIMARÃES et al., 2010), porém o início da época chuvosa se dá em outubro e o término em março, apresentando uma boa distribuição durante esse período.

O fator mais limitante para a produção de milho, sob regime de sequeiro, é o déficit hídrico (GALON et al., 2010), daí a grande amplitude entre os valores mínimos e máximos de produtividade simulada. Entretanto, mesmo em anos com volume e distribuição de chuva adequados, podem ocorrer oscilações na produtividade, pois outros elementos do clima, como a temperatura do ar e a radiação solar incidente, afetam a produtividade da cultura.

Produtividades medianas de 5.017, 5.834, 6.530 e 6.543 kg ha⁻¹, ou seja, abaixo de 7.000 kg ha⁻¹, foram simuladas para os municípios de Aimorés, Araçuaí, Janaúba e Montes Claros, respectivamente. As maiores produtividades medianas, de 10.711 e 10.067 kg ha⁻¹, portanto acima de 10.000 kg ha⁻¹, foram simuladas para os municípios de Araxá e Uberaba, respectivamente.

Ao se analisar a distribuição de frequência dos dados de produtividade de milho, semeado na melhor data, observa-se grande variabilidade interanual (Figura 4).

De acordo com Guimarães et al. (2010), os municípios com as menores produtividades medianas simuladas, Aimorés, Araçuaí, Janaúba e Montes Claros, se encontram em regiões de pouca homogeneidade no regime de chuva, além da precipitação média atingir um teto de 850 mm ano⁻¹, enquanto os municípios que apresentaram as maiores produtividades medianas simuladas, Araxá e Uberaba, estão em regiões com boa homogeneidade no regime de chuvas, com precipitação média em torno de 1.250 mm ano⁻¹.

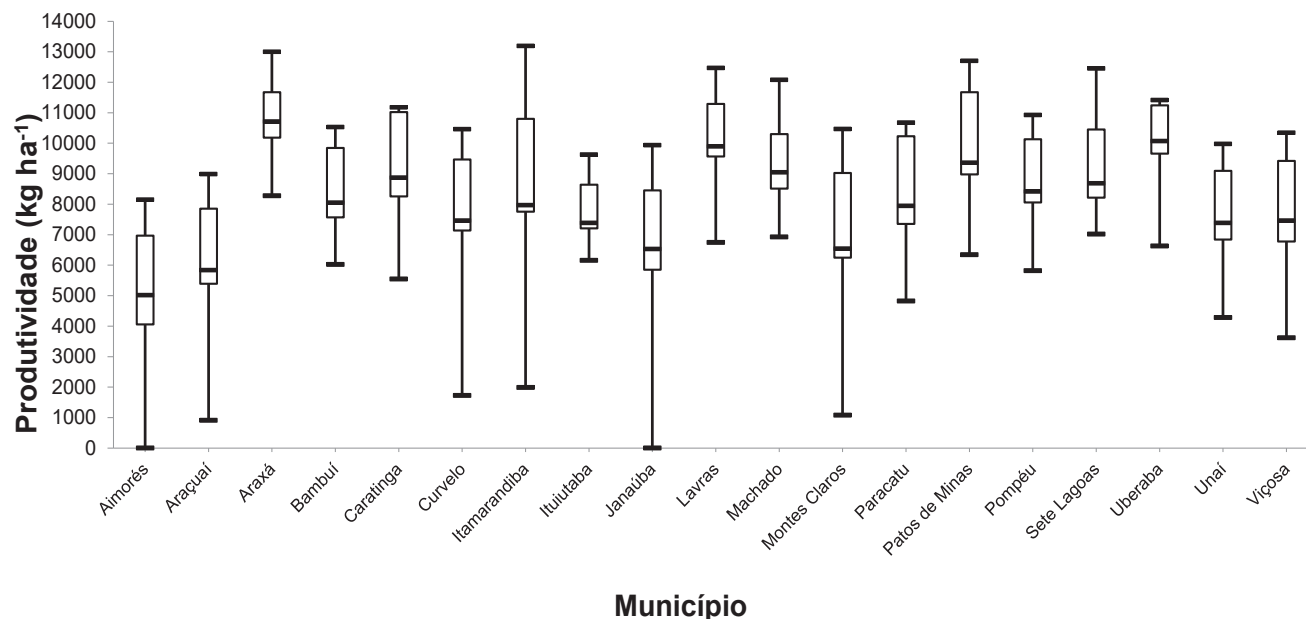


Figura 4. Variabilidade interanual da produtividade de milho, em regime de sequeiro, na melhor data de semeadura, para os 19 municípios estudados.

Em Unaí, a produtividade simulada mediana, para a melhor data de semeadura, foi 7.383 kg ha⁻¹, porém os dados da estação climatológica localizada no Vão usados nas simulações, não representam as condições da Chapada, localizada cerca de 300 m mais elevada e onde ocorre a maior parte da produção de milho do município.

Produtividades simuladas mais elevadas que a média nacional, na maioria dos municípios, refletem duas situações: 1 - Em muitos municípios o cultivo de milho se dá na safrinha, cujo rendimento está associado a um alto risco climático, especialmente o estresse hídrico; 2 - É possível que o nível tecnológico usado pelos produtores esteja aquém do potencial produtivo da cultivar usada neste estudo, havendo, portanto, espaço para melhoria, mediante ajustes no sistema de produção. O atual ZRC para safrinha, considerando um patamar de 40% de risco climático, estabelece janelas de semeadura de milho, em regime de sequeiro, para 18 dos 19 municípios estudados (Figura 5).

O início do período é sempre 1º de janeiro, para todos os municípios, e o final varia de 10 de janeiro a 20 de fevereiro. Em três municípios, Araxá, Ituiutaba e Uberaba, a janela de semeadura estabelecida para a safra principal, utilizando a metodologia deste estudo, engloba também a safrinha. Para Araxá, a janela de semeadura vai de 28 de novembro a 13 de fevereiro, em Ituiutaba de 19 de setembro a 9 de janeiro, enquanto que para Uberaba se estende de 12 de setembro a 30 de janeiro. Essas localidades estão inseridas na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, conhecida por uma distribuição mais ampla no regime de chuvas e que apresenta altas produtividades de milho.

Como não há na metodologia utilizada neste estudo um procedimento específico para separar a safra da safrinha, era de se esperar que a sobreposição dos períodos de semeadura ocorresse. Vale lembrar que na metodologia em questão espera-se uma redução máxima de 10% na produtividade de uma certa data de semeadura em relação à melhor data.

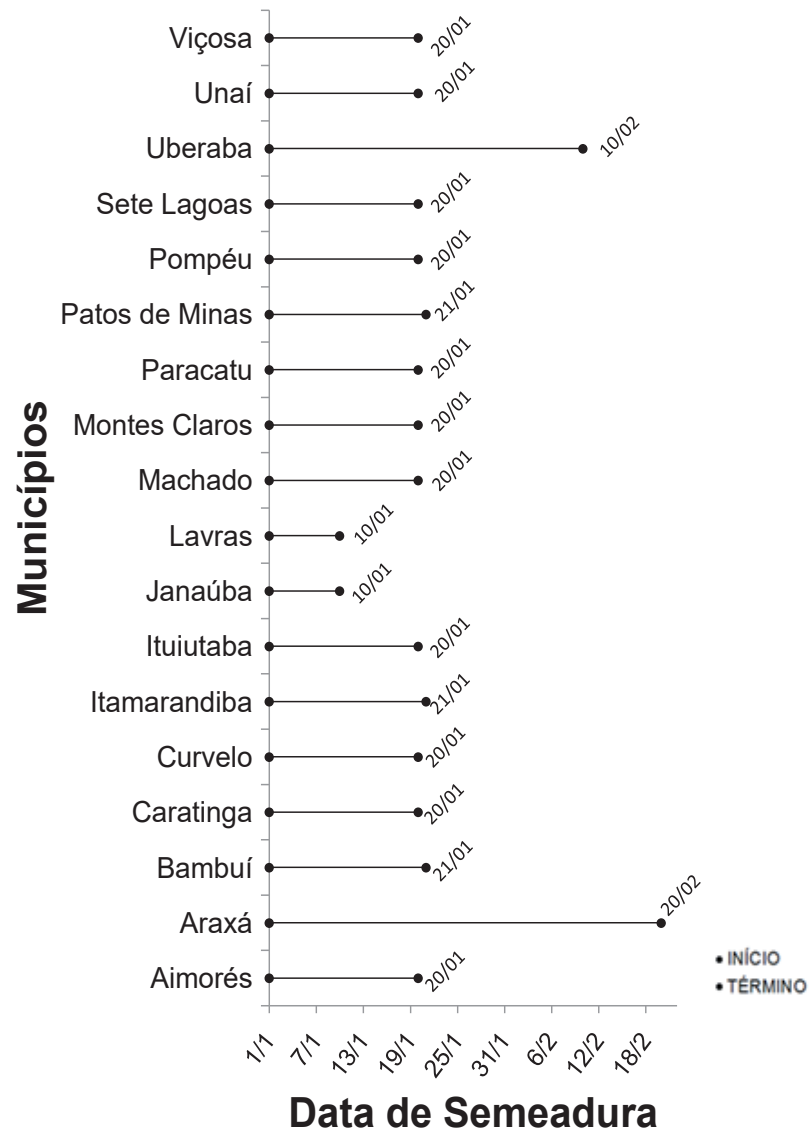


Figura 5. Janelas de semeadura estabelecidas pelo ZRC, para a cultura do milho, em regime de sequeiro, na safrinha, considerando um solo de média retenção de água, em oito dos 19 municípios estudados. Os círculos representam o início e o fim das janelas.

Apesar de produtividades relativamente altas terem sido obtidas para a semeadura no mês de janeiro, observa-se que as reduções das produtividades, em relação às melhores datas de semeadura são elevadas, com exceção de Araxá e Uberaba (Tabela 3).

Marcuzzo et al. (2012) salientam que a precipitação média mensal em Minas Gerais apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de outubro a março. Os autores também acrescentam que curtos períodos de seca (veranicos) podem ocorrer em meio a essa estação, criando sérios problemas para a cultura do milho sequeiro. O sucesso no cultivo do milho safrinha depende, fundamentalmente, da ocorrência de condições climáticas adequadas por ocasião da semeadura e durante os períodos críticos de crescimento da cultura (CARDOSO et al., 2004).

Nota-se que, para o nível de 40% do risco climático, em muitos dos municípios aptos à safrinha pelo ZRC, os valores médios de produtividade podem ultrapassar a produtividade média brasileira, indicando que, a depender das condições climáticas históricas, há espaço para melhoria do rendimento. Isso enseja ações de transferência de tecnologia, de forma a refinar estratégias de manejo cultural como seleção da cultivar, população de plantas, adubação e controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Uma outra ação estratégica para melhorar a produtividade na safrinha está relacionada ao prognóstico de clima, que permitiria o ajuste do sistema de produção às possíveis condições climáticas futuras.

Produtividade e Período de Semeadura para Milho Irrigado

Nota-se que, mesmo com o uso da irrigação, existe uma grande amplitude no início, término, duração e melhor data de semeadura das janelas de semeadura entre os diversos municípios estudados (Figura 6). Na maioria

dos municípios, as melhores datas de semeadura do milho irrigado ocorrem no mês de fevereiro, período com menos dias nublados em decorrência da diminuição sazonal da precipitação, com temperaturas diurnas ainda adequadas à cultura e temperaturas noturnas mais amenas. Estas condições favorecem a redução da taxa de respiração celular e, conseqüentemente, melhoram o saldo energético da cultura, o que propicia um maior acúmulo de fotoassimilados a serem convertidos, posteriormente, em grãos (GIFFORD, 2001).

Em Araçuaí e Janaúba, as melhores datas de semeadura do milho irrigado foram 30 de janeiro e 19 de dezembro, respectivamente. Adicionalmente, os períodos de semeadura nesses municípios se estenderam de 7 de novembro a 17 de abril e de 21 de novembro a 24 de abril, respectivamente, o que possibilitou a semeadura mais cedo. Esses municípios se caracterizam por estarem em uma região onde a temperatura do ar varia menos ao longo do ano, fator que propicia a semeadura de milho irrigado por um período mais longo e também explica o fato de a melhor data de semeadura ser diferente dos demais municípios.

A janela de semeadura mais curta foi de 16 de janeiro a 20 de fevereiro, para as cidades de Lavras e Machado, que são municípios onde temperaturas do ar mais baixas ou mesmo a ocorrência de geada limita a semeadura tardia.

Em 17 dos 19 municípios avaliados, o mês de fevereiro se apresentou como o mais adequado para a semeadura de milho em sistemas irrigados. Os dias 6, 13, 20 e 27 de fevereiro foram os mais indicados para, respectivamente, 2, 7, 7 e 1 dessas localidades.

Tabela 3. Produtividade média simulada de milho de sequeiro na melhor data na safra, na safrinha, considerando um solo de média retenção de água e um patamar de risco de 40%, em 18 municípios de Minas Gerais.

| Município | Maior Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹) | Produtividade Média na Safrinha ² (kg ha ⁻¹) | Quebra de Produtividade ³ (%) |
|----------------|--|--|--|
| Aimorés | 4538 | 2871 | 36.7 |
| Araxá | 10017 | 9449 | 5.7 |
| Bambuí | 7801 | 6725 | 13.8 |
| Caratinga | 8358 | 7580 | 9.3 |
| Curvelo | 7236 | 5300 | 26.7 |
| Itamarandiba | 8011 | 4742 | 40.8 |
| Ituiutaba | 7548 | 6920 | 8.3 |
| Janaúba | 5689 | 3489 | 38.7 |
| Lavras | 9121 | 7707 | 15.5 |
| Machado | 8382 | 7217 | 13.9 |
| Montes Claros | 6414 | 3523 | 45.1 |
| Paracatu | 7658 | 5700 | 25.6 |
| Patos de Minas | 8989 | 7350 | 18.2 |
| Pompéu | 8116 | 6100 | 24.8 |
| Sete Lagoas | 8430 | 5966 | 29.2 |
| Uberaba | 9300 | 8598 | 7.5 |
| Unaí | 6920 | 5936 | 14.2 |
| Viçosa | 7220 | 6262 | 13.3 |

¹Produtividade média da melhor data; ²Produtividade média das datas simuladas na safrinha englobadas pelo ZRC; ³Percentual de redução da produtividade média na safrinha em relação à maior produtividade.

Alves et al. (2011) observaram que, em condições ótimas de disponibilidade hídrica, ou seja, em cultivos irrigados, os fatores que mais influenciam o rendimento da cultura do milho são as variações de temperatura do ar e de radiação solar incidente. O milho, por ser uma planta de alto aproveitamento da radiação solar, é muito sensível à falta de luz e, por isso, em dias nublados ocorre uma queda na taxa fotossintética, o que pode reduzir a produtividade. Além do mais, temperaturas diurnas do ar elevadas

encurtam o ciclo da cultura, que associado com altas taxas de respiração de manutenção, decorrentes de temperaturas noturnas elevadas, também reduzem a produtividade. Daí a considerável variabilidade interanual na produtividade média de milho, mesmo no regime irrigado (Figura 7).

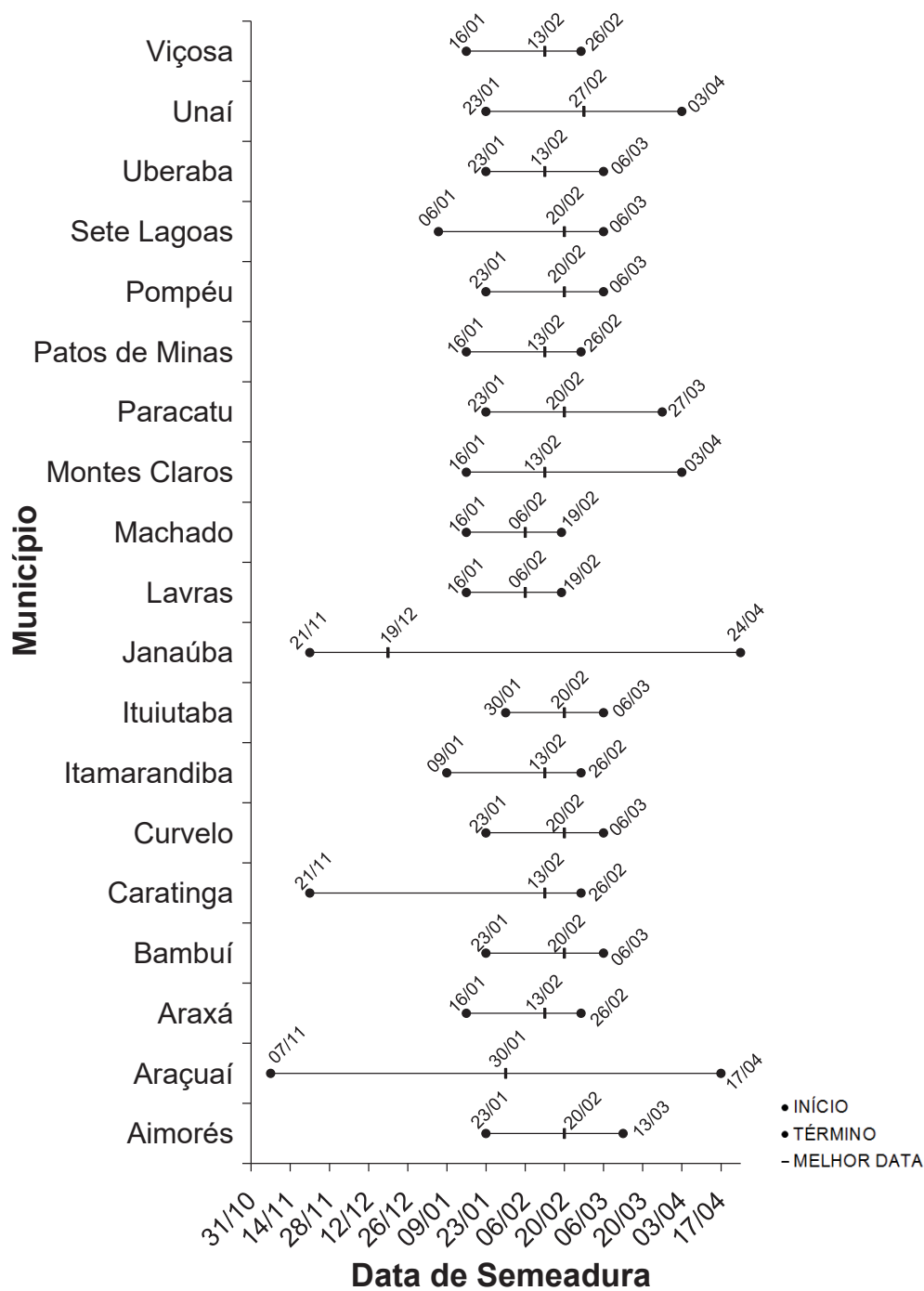


Figura 6. Janelas de semeadura para a cultura do milho irrigado, nos 19 municípios estudados. Os círculos correspondem ao início e final da janela. O traço indica a melhor data de semeadura.

A maior amplitude entre os valores máximos e mínimos de produtividade simulada, de 5.462 kg ha^{-1} , ocorreu em Viçosa, e a menor, de 2.643 kg ha^{-1} , foi simulada para Unai.

Grandes amplitudes se devem ao efeito da variabilidade interanual dos elementos do clima, como temperatura do ar e radiação solar incidente, no rendimento da cultura, mesmo em condições irrigadas. Os menores valores de produtividade simulada mediana, obtidos para a melhor data de semeadura, foram de 7.394 kg ha^{-1} , no dia 30 de janeiro, em Araçuaí, e de 7.877 kg ha^{-1} , no dia 20 de fevereiro, em Aimorés.

A maior amplitude entre os valores máximos e mínimos de produtividade simulada, de 5.462 kg ha^{-1} , ocorreu em Viçosa, e a menor, de 2.643 kg ha^{-1} , foi simulada para Unai. Grandes amplitudes se devem ao efeito da variabilidade interanual dos elementos do clima, como temperatura do ar e radiação solar incidente, no rendimento da cultura, mesmo em condições irrigadas. Os menores valores de produtividade simulada mediana, obtidos para a melhor data de semeadura,

foram de 7.394 kg ha^{-1} , no dia 30 de janeiro, em Araçuaí, e de 7.877 kg ha^{-1} , no dia 20 de fevereiro, em Aimorés.

As maiores produtividades medianas simuladas, acima de $11.000 \text{ kg ha}^{-1}$, para as melhores datas de semeadura, foram registradas para os municípios de Bambuí, Itamarandiba, Lavras, Machado e Sete Lagoas. Resultados similares foram obtidos por Andrade et al. (2009) para o milho irrigado em Sete Lagoas, Minas Gerais, com valores medianos de produtividade acima de $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$, e com o melhor período de semeadura nos meses de fevereiro e março.

As maiores produtividades simuladas, 14.167 e $13.300 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para Itamarandiba e Lavras, em comparação com os outros municípios, se justificam por apresentarem altitude acima de 900 metros. Altitude elevada proporciona noites com temperaturas mais amenas, que diminuem a taxa de respiração de manutenção do

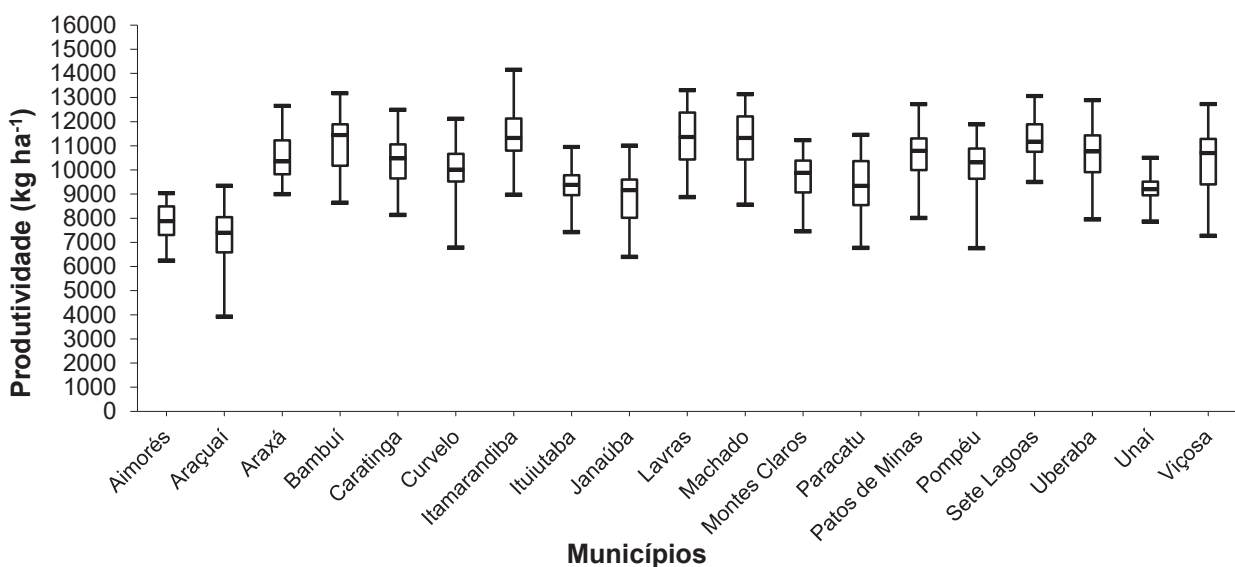


Figura 7. Variabilidade interanual da produtividade de milho irrigado, para a melhor data de semeadura nos 19 municípios estudados.

milho e aumentam o comprimento do ciclo, favorecendo maior produtividade (CRUZ et al., 2011). Por outro lado, as cidades de Araçuaí e Aimorés possuem altitudes abaixo de 300 metros, que resultam em noites com temperaturas elevadas, aumentando a taxa de respiração, encurtando o ciclo, gerando perda de fotoassimilados e, como resultado, reduzindo a produtividade. Para Fancelli e Dourado Neto (2000), temperaturas noturnas elevadas proporcionam altas taxas fotossintéticas, mas também um exagerado consumo de energia, em função do processo da respiração, o que gera menor saldo de fotoassimilados.

Em nenhuma das localidades estudadas a cultura do milho irrigado, na melhor data de semeadura, interrompeu seu ciclo, resultando em produtividade zero.

Conclusões

Existe espaço para o aumento da produtividade de milho em todas as regiões de Minas Gerais mediante a melhoria da tecnologia de produção, como a seleção adequada do período de semeadura.

No cultivo do milho sequeiro, as melhores datas de semeadura ocorrem no mês de outubro, com exceção dos municípios de Araxá, Bambuí, Curvelo, Lavras, Patos de Minas e Uberaba, em que as melhores datas são 30/01, 7/11, 7/11, 12/09, 5/12 e 2/01, respectivamente.

As janelas de semeadura para o milho sequeiro diferem das do milho irrigado que, em geral, se concentram no mês de fevereiro, exceto nos municípios de Araçuaí (30/01) e Janaúba (19/12).

Referências

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2015. 480 p.
- 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, n. 56).
- ALVES, M. E. B.; ANDRADE, C. L. T.; RUIZ-CÁRDENAS, R.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F. Identificação e quantificação do efeito de fatores ambientais na produtividade da cultura do milho na região de Janaúba, MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 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. 13 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 88).
- ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; HEINEMANN, A. B.; GARCIA Y GARCIA, A.; TOJO-SOLER, C. M.; SILVA, D. F.; HICKMANN, C.; SANTANA, C. B.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. **Modelagem do crescimento de culturas: aplicações à cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 91).
- ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 41, p. 1-12, 1995.
- ANDRADE, C. de L. T. de; SILVA, P. P. G. da; MAGALHAES, B. G.; PAIXAO, J. S.; MELO, B. F. de; TIGGES, C. H. Parametrização do modelo CSM-CERES-Maize para uma cultivar de alta

produtividade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves.

Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO MILHO. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. p. 12-18.

ANGSTROM, A. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Berks, v. 50, p. 121-125, 1924.

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 e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p. 25-32.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina-PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Milho: safra 2015/16: primeiro levantamento: agosto de 2016**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. Semeadura. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 7. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 9 maio 2016.

DUARTE, A. P. Milho safrinha se consagra e torna um sistema de produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13, p. 78-82, 2015.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A. A. Desempenho agrônomo e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCEIÇÃO, G.; ALBERTO, C. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, 2011.

GIFFORD, R. Plant respiration. In: WORKSHOP CRC FOR GREENHOUSE ACCOUNTING, 2011, Canberra. **Net ecosystem exchange:**

proceedings... Canberra: Commonwealth of Australia, 2011. p. 38-42.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J. dos; LANDAU, E. C. **Índices pluviométricos em Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 88 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30).

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. **Decision support system for agrotechnology transfer**: version 4.6. Washington: DSSAT Foundation, 2014.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: tabela 839 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras. Rio de Janeiro, 2016.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHERLOR, W. D.; HUNT, L. A.; WILKES, P. W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T. DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, v. 18, p. 235-265, 2003.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 6, n. 2, p. 112-130, 2012.

PICKERING, N. B.; HANSEN, J. W.; JONES, H.; GODWIN, D. Weatherman: a utility for managing and generating daily weather data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 2, p. 332-337, 1994.

PRESCOTT, J. A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transactions Royal Society of South Australia**, v. 64, p. 114-118, 1940.

VIAN, A. L.; SANTIM, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Spatial variability of grain yield of irrigated corn and its correlation with explanatory plant variables. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

Circular Técnica, 225

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
www.embrapa.br/fale-conosco
1ª edição
Versão Eletrônica (2016)

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: *Elena Charlotte Landau.*
Membros: *Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda de Castro.*

Expediente

Revisão de texto: *Antonio Claudio da Silva Barros.*
Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro.*
Tratamento das ilustrações: *Tânia Mara A. Barbosa.*
Editoração eletrônica: *Tânia Mara A. Barbosa.*