

Simulação da Produtividade Potencial de Silagem de Milho em Municípios de Minas Gerais



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 234

**Simulação da Produtividade Potencial de Silagem
de Milho em Municípios de Minas Gerais**

Marina Luciana Abreu de Melo
Jennifer Alves Camilo
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade
Tales Antônio Amaral
Christoph Hermann Passos Tigges

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
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/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda
de Castro*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto da capa
Eduardo Vieira Guimarães

1ª edição
Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Simulação da produtividade potencial de silagem de milho em municípios de Minas
Gerais / Marina Luciana Abreu de Melo ... [et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho
e Sorgo, 2019.

23 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 234).

1. Alimento para animal. 2. Alimentação na seca. 3. *Zea mays*. 4. Modelo de
simulação. I. Melo, Marina Luciana Abreu de. II. Camilo, Jennifer Alves. III. Andrade,
Camilo de Leis Teixeira de. IV. Amaral, Tales Antônio. V. Tigges, Christoph Her-
mann Passos. VI. Série.

CDD 636.0862 (21. ed.)

Autores

Marina Luciana Abreu de Melo

Eng.-Agrôn., Mestranda em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP.

Jennifer Alves Camilo

Graduanda em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade

Eng.-Agric., PhD Engenharia de Irrigação/Modelagem, Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo.

Tales Antônio Amaral

Biólogo, D.Sc. em Agronomia, Bios Consultoria e Serviços Ambientais Ltda.

Christoph Hermann Passos Tigges

Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

Apresentação

A silagem é um alimento volumoso, utilizado principalmente para a nutrição de bovinos. No período seco do ano, quando a oferta de forragem é reduzida, tem-se aumentado o uso de silagem, especialmente entre os produtores de leite. Embora existam várias plantas cultivadas para a produção de silagem, o milho é uma das culturas mais empregadas com essa finalidade no Brasil.

O Estado de Minas Gerais se destaca nacionalmente como o maior produtor de leite bovino. No entanto, na região do Cerrado mineiro, a atividade agropecuária está limitada pela distribuição sazonal das chuvas. Esse fator implica grande variabilidade no rendimento de culturas sensíveis ao déficit hídrico, como o milho.

Neste estudo, são apresentados os resultados de simulações de lavouras de milho para produção de silagem em regime de sequeiro e irrigado, em 18 municípios de Minas Gerais. A partir da simulação de diversas datas de semeadura ao longo do ano, foi possível definir períodos de semeadura mais adequados em cada município, para os dois regimes hídricos. A qualidade da silagem e a ocorrência de chuvas na ocasião da colheita também foram consideradas, permitindo uma avaliação completa do desempenho da cultura no Estado de Minas Gerais.

Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Chefe-geral

Sumário

Resumo06
Introdução06
Material e Métodos07
Resultados e Discussão09
Conclusão20
Referências21

Resumo

No Cerrado mineiro, a atividade pecuária é limitada pela distribuição sazonal das chuvas. Uma das estratégias para amenizar o efeito da estacionalidade na oferta de forragem e suprir a demanda nutricional do rebanho é a utilização de silagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de massa seca e a qualidade da silagem de milho em cultivos de sequeiro e irrigado em Minas Gerais. Empregou-se o modelo CSM-CERES-*Maize* para simular a produção de silagem em 18 municípios do Estado Minas Gerais, em 52 datas de semeadura distribuídas ao longo do ano, com e sem o uso de irrigação. Observou-se que a produtividade simulada média de massa seca de silagem de milho varia mais no cultivo de sequeiro, apresentando maior variabilidade interanual e menor qualidade da silagem, em comparação ao cultivo irrigado. A produtividade simulada de massa seca de silagem média para a melhor data de semeadura variou de 12.662 a 19.789 kg ha⁻¹ entre os municípios, para o cultivo de sequeiro, e de 17.194 a 21.369 kg ha⁻¹, para o cultivo irrigado. Em geral, as datas de semeadura de sequeiro se concentraram em outubro, enquanto no cultivo irrigado, as melhores datas se concentraram em fevereiro. Em condições hídricas ótimas, fatores climáticos como temperatura e radiação solar são determinantes no desempenho da cultura em Minas Gerais.

Introdução

A pecuária leiteira é uma das atividades de grande importância econômica e social dentro do agronegócio brasileiro. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite bovino, sendo superado apenas por Estados Unidos, Índia e China. Minas Gerais se destaca como o estado brasileiro com a maior produção de leite bovino, representando 26% da produção nacional (Anuário Leite, 2018).

Na região do Cerrado mineiro, o sistema pecuário está limitado ao regime pluviométrico, visto que a grande maioria dos animais são criados a pasto e, como o crescimento da forrageira *in situ* é concentrado apenas na época das águas, a disponibilidade de forragem nas pastagens ao longo do ano é irregular. Para enfrentar a estacionalidade na oferta de forragem, e suprir a demanda nutricional do rebanho durante o período de baixa disponibilidade de pasto, são empregadas diferentes estratégias de manejo nutricional, entre as quais a utilização de silagem.

No Brasil, o milho na forma de silagem é a principal opção para a alimentação animal. A cultura se destaca para essa finalidade por ser uma alternativa economicamente viável e apresentar um bom rendimento de massa verde, excelente qualidade de fermentação e manutenção do valor nutritivo da massa ensilada (Santos et al., 2010; Ferreira et al., 2011; Carvalho, 2016).

O milho pertence ao grupo de espécies vegetais com metabolismo fotossintético C4, que se caracteriza pela elevada eficiência no uso da radiação solar e alta produtividade. Entretanto, a cultura é bastante sensível às oscilações meteorológicas, que podem afetar o seu desempenho ainda nas fases iniciais, acarretando diminuição no acúmulo de fitomassa, com reflexos negativos na produtividade de silagem e de grãos (Bergamaschi; Matzenauer, 2014).

A disponibilidade de água é o fator ambiental mais determinante ao rendimento da cultura. O milho requer de 350 a 600 mm de água durante o seu ciclo (Cruz et al., 2011). A deficiência hídrica causa danos em todas as fases da cultura, porém em alguns estádios, como a iniciação floral, a floração e o início do desenvolvimento dos grãos, há maior sensibilidade ao déficit hídrico (Bergamaschi; Matzenauer, 2014). Portanto, a distribuição irregular de chuvas pode explicar, em grande parte, as oscilações no desempenho da cultura ao longo dos anos de cultivo.

Os modelos de simulação do crescimento de culturas agrícolas são ferramentas úteis à realização de estudos práticos sobre o efeito das variáveis que afetam a sua produtividade. O DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) é uma ferramenta computacional que contém em seu pacote modelos de crescimento de diferentes culturas, dentre elas, a cultura do milho, representada pelo modelo CSM-CERES-*Maize*. Esse modelo é amplamente utilizado tanto no Brasil, como no exterior, para análise de diferentes estratégias de manejo do solo, determinação de períodos de semeadura, avaliação do efeito de alterações climáticas e do déficit hídrico no rendimento das culturas, entre outras aplicações (Pereira et al., 2010; Andrade et al., 2013; Amaral et al., 2015; Paixão et al., 2016; Tigges et al., 2016).

Considerando a modelagem como uma ferramenta útil à tomada de decisão, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de massa seca e a qualidade da silagem de milho simulada pelo modelo CSM-CERES-*Maize*, sob regime de sequeiro e irrigado, em municípios representativos do Estado de Minas Gerais.

Material e Métodos

O modelo CSM-CERES-*Maize* do pacote DSSAT, versão 4.6.1.0 (Hoogenboom et al., 2015), foi utilizado para a realização de simulações do cultivo de milho em condições de sequeiro e irrigado. As simulações foram realizadas em 18 municípios de Minas Gerais. Para cada município, dados diários de temperaturas máxima, mínima e média do ar e precipitação por um período de 33 anos (1981-2013) foram obtidos na base do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (Tabela 1).

Tabela 1. Médias mensais de temperatura mínima, máxima e média do ar e de precipitação, entre 1981-2013, nos 18 municípios de Minas Gerais.

Município	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima °C	Temperatura Média	Precipitação mm
Aimorés	31,8	20,3	26,1	976
Araçuaí	31,8	19,6	25,7	757
Araxá	27,4	16,8	22,1	1.572
Bambuí	28,9	15,0	22,0	1.461
Caratinga	27,6	16,5	22,1	1.225
Curvelo	30,4	16,5	23,5	1.123
Itamarandiba	26,1	15,2	20,7	1.129
Janaúba	31,4	18,9	25,2	811
Lavras	27,3	15,1	21,2	1.491
Machado	27,4	14,5	21,0	1.257
Montes Claros	29,9	17,8	23,9	1.025
Paracatu	29,9	18,2	24,1	1.483
Patos de Minas	28,1	16,5	22,3	1.461
Pompéu	29,8	16,9	23,4	1.244
Sete Lagoas	27,3	15,1	21,2	1.491
Uberaba	29,4	16,8	23,1	1.660
Unaí	31,4	18,3	24,9	1.379
Viçosa	26,9	15,8	21,4	1.337

Considerou-se o genótipo de milho híbrido simples transgênico DKB 390PRO, cujos coeficientes genéticos foram previamente parametrizados com dados de Minas Gerais (Andrade et al., 2016). As simulações foram realizadas semanalmente a partir de 1º de agosto, estendendo-se por 52 semanas, até 24 de julho. Dessa forma, para cada semana e cada município, foram gerados 33 valores de produtividade de massa seca de silagem.

Assumiu-se um espaçamento entre fileiras de 0,7 m, com uma população de 68.000 plantas por hectare e 2.000 kg ha⁻¹ de massa seca residual deixada pela cultura anterior, braquiária. As adubações foram simuladas de acordo com recomendações da Embrapa para a produção de milho para silagem (Resende et al., 2016). Nas simulações com irrigação, o modelo foi programado para repor a umidade do solo até a capacidade de campo, quando a água disponível no solo fosse reduzida em 50% na camada de 0 a 30 cm.

O modelo CSM-CERES-*Maize* não simula a data de colheita da silagem de milho. Dessa forma, considerou-se como ponto de colheita a data em que a linha de leite do grão se encontra a meia distância entre a coroa e o ponto de inserção do grão no sabugo, o que corresponde a aproximadamente 13 dias antes da maturidade fisiológica (Wiersma et al., 1993).

Na escolha da data de semeadura mais apropriada deve-se levar em consideração não só a produtividade de massa seca de silagem, mas também a ocorrência de chuvas na época da colheita, uma vez que a qualidade da silagem e a estrutura do solo podem ser prejudicadas pelo excesso de umidade. Portanto, para a data de semeadura que proporcionou a maior produtividade média de massa seca de silagem, analisaram-se as precipitações ocorridas durante um período de sete dias, iniciando-se três dias antes da data da colheita.

Avaliou-se a qualidade da silagem, com base na relação entre qualidade e proporção de grãos em relação à biomassa total (Cox et al., 1994) e convertendo a produtividade de fitomassa seca da parte aérea em unidade forrageira de leite (UFL). A definição de uma UFL é a quantidade de energia líquida fornecida por 1 kg de cevada comum para uma vaca em lactação acima de suas necessidades energéticas de manutenção, considerando que toda energia é convertida em leite (Vermorel, 1988). Calcularam-se, ainda, os valores de energia por unidade de fitomassa colhida (EPUWHB; UFL kg⁻¹) e energia por unidade de área (EPUA; UFL ha⁻¹), conforme as equações 1 e 2 (Braga et al., 2008):

$$EPUWHB = ETBR \times EPUWE + (1 - ETBR) \times EPUWSL$$

(equação 1)

$$EPUA = CWAH \times EPUWHE$$

(equação 2)

Em que:

EPUWHB = energia por unidade de fitomassa seca (UFL kg⁻¹)

ETBR = razão entre massa seca de espigas e fitomassa seca total

EPUWE = energia por unidade de massa seca de espigas (UFL kg⁻¹)

EPUWSL = energia por unidade de massa seca de caules e folhas (UFL kg⁻¹)

EPUA = energia por unidade de área (UFL ha⁻¹)

CWAH = fitomassa seca por hectare (kg ha⁻¹).

Para a determinação do período de semeadura, admitiu-se uma redução de até 10% na produtividade média de massa seca de silagem de todos os anos, de uma certa data de semeadura, em relação à maior produtividade média de massa seca de silagem. Definiu-se a porcentagem de redução, tomando como referência a data de maior produtividade de massa seca de silagem, de acordo com a equação 3 (Amaral et al., 2015):

$$Pr = \left(1 - \frac{Y_s}{Y_{max}}\right) * 100$$

(equação 3)

Em que:

Pr = porcentagem de redução da produtividade de massa seca de silagem para a data de semeadura “x”

Ys = produtividade de massa seca de silagem para a data de semeadura “x”

Ymax = produtividade máxima de massa seca de silagem entre todas as datas de semeadura.

Resultados e Discussão

Produção de silagem no regime de sequeiro

Efeito da data de semeadura na produtividade de massa seca de silagem

Períodos de semeadura foram estabelecidos para os diferentes municípios. De maneira geral, constatou-se considerável diferença entre municípios, no início e no término do período de semeadura (Tabela 2). Essas diferenças podem ser atribuídas às interações da cultura com as condições climáticas, que se diferem significativamente entre as localidades avaliadas.

Tabela 2. Período de semeadura e data de maior produtividade média de massa seca de milho silagem, em regime de sequeiro, simulados para 18 municípios de Minas Gerais.

Município	Período de semeadura	Data de Semeadura
Aimorés	17/10 a 28/11	07/11
Araçuaí	10/10 a 21/11	24/10
Araxá	22/08 a 20/02	30/01
Bambuí	03/10 a 09/01	07/11
Caratinga	26/09 a 30/01	31/10
Curvelo	17/10 a 05/12	07/11
Itamarandiba	19/09 a 07/11	24/10
Janaúba	17/10 a 21/11	31/10
Lavras	05/09 a 23/01	19/09
Machado	26/09 a 02/01	31/10
Montes Claros	10/10 a 14/11	31/10
Paracatu	10/10 a 12/12	31/10
Patos de Minas	03/10 a 16/01	12/12
Pompéu	10/10 a 12/12	07/11
Sete Lagoas	26/09 a 12/12	31/10
Uberaba	12/09 a 13/02	02/01
Unaí	10/10 a 12/12	14/11
Viçosa	26/09 a 21/11	24/10

Os intervalos de semeadura mais estreitos foram estabelecidos para os municípios de Janaúba, Montes Claros, Araçuaí e Aimorés, enquanto os maiores períodos foram obtidos em Uberaba, Lavras e Araxá. (Tabela 2). Tiggas et al. (2016), utilizando o modelo CSM-CERES-Maize para simulações do cultivo de milho sequeiro para a produção de grãos em 19 municípios de Minas Gerais, obtiveram, em geral, intervalos de semeadura mais estreitos. Embora existam discrepâncias entre os resultados, tendências semelhantes foram verificadas, como janelas de semeadura mais estreitas para locais de clima mais quente e seco, a exemplo de Janaúba, Montes Claros, Araçuaí e Aimorés.

As melhores datas de semeadura, ou seja, aquelas associadas às maiores produtividades de massa seca de silagem, estão concentradas nos meses de outubro e novembro, que correspondem ao início do período chuvoso na maioria dos municípios. A Tabela 2 mostra as exceções de semeadura nos meses de outubro e novembro para os municípios de Araxá, Lavras, Patos de Minas e Uberaba, cujas melhores datas de semeadura foram, respectivamente, 30 de janeiro, 19 de setembro, 12 de dezembro e 2 de janeiro.

Em contrapartida, em todos os municípios, observou-se grande variabilidade interanual na produtividade de massa seca de silagem, mesmo nas melhores datas de semeadura (Figura 1). A produtividade média de massa seca de silagem da cultura, na melhor data de semeadura, variou de 12.662 a 19.789 kg ha⁻¹, correspondendo a uma diferença de 36%.

As quatro menores produtividades de massa seca de silagem foram obtidas para os municípios de Aimorés (12.662 kg ha⁻¹), Araçuaí (13.334 kg ha⁻¹), Janaúba (14.337 kg ha⁻¹) e Montes Claros (14.748 kg ha⁻¹) (Figura 1). Esses municípios estão situados nas regiões do Rio Doce, Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas, caracterizadas pela baixa precipitação pluvial e pela concentração das chuvas em um curto período do ano. Com isso, a cultura está mais propensa a sofrer com os efeitos da restrição hídrica. Para o milho, a escassez hídrica implica estresses abióticos, que são um dos fatores mais restritivos à produção da cultura (Galon et al., 2010; Amudha et al., 2011). Além disso, essas regiões apresentam temperaturas mais altas, o que causa o encurtamento do ciclo e o aumento da respiração de manutenção, com conseqüente redução na produtividade de massa seca de silagem.

Produtividades de híbridos de milho para silagem de sequeiro foram avaliadas por Oliveira et al. (2003) em cinco municípios de Minas Gerais: Alfenas (mesorregião Sul e Sudoeste de Minas), Bom Despacho (mesorregião Central), Caldas, São Sebastião do Paraíso e Três Pontas (mesorregião Sul e Sudoeste de Minas). A precipitação anual e a temperatura média nessas localidades são, respectivamente, 1.500 mm, 1.280 mm, 1.300 mm, 1.240 mm e 1.530 mm; 20 °C, 21 °C, 20 °C, 21 °C e 21 °C. A semeadura foi realizada entre 15 de outubro e 15 de dezembro. A produtividade média de massa seca do híbrido DKB 333B foi 12.200 kg ha⁻¹ em Alfenas, 18.100 kg ha⁻¹ em Bom Despacho, 14.500 kg ha⁻¹ em Caldas, 15.500 kg ha⁻¹ em São Sebastião do Paraíso e 16.700 kg ha⁻¹ em Três Pontas. Esses valores observados são semelhantes às maiores produtividades simuladas para os municípios selecionados neste estudo (Figura 1). Isso demonstra que os resultados das simulações são confiáveis para a recomendação de datas de semeadura, sob condições de sequeiro, em Minas Gerais.

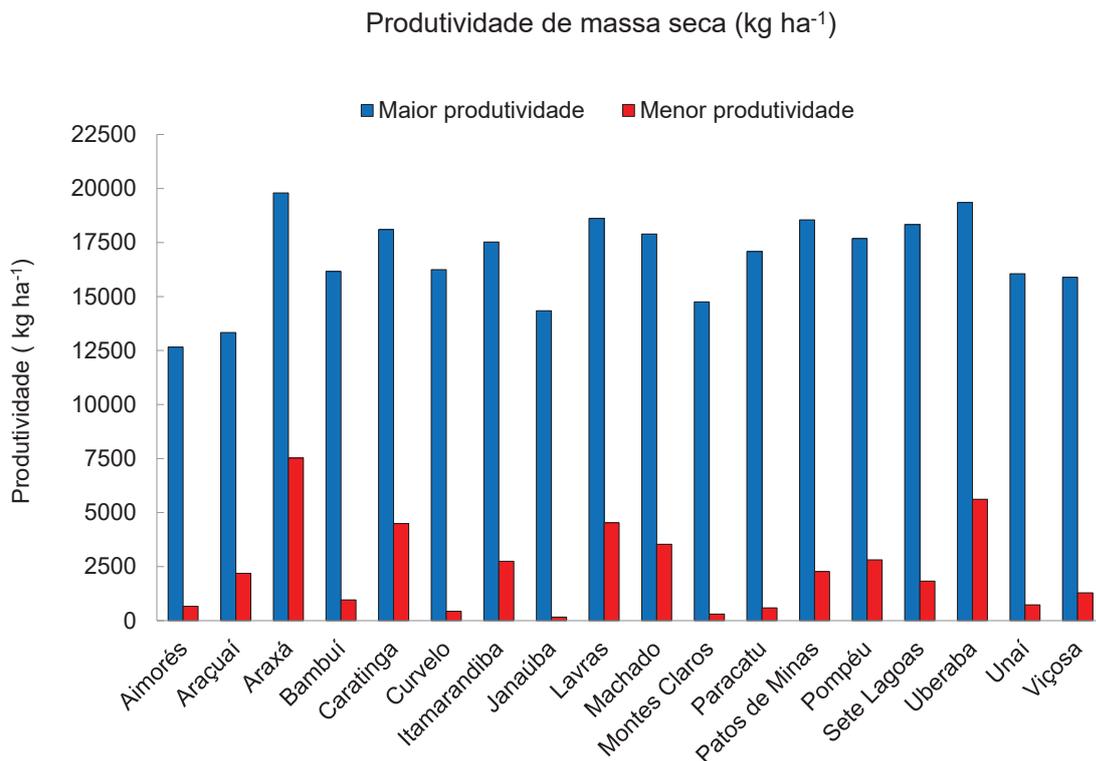


Figura 1. Maiores e menores produtividades simuladas de massa seca de silagem, em regime de sequeiro, nos 18 municípios de Minas Gerais.

Quando se avaliou a variação na produtividade de massa seca de silagem entre os 33 anos, nas 18 localidades estudadas, constatou-se que todos os municípios apresentaram amplitudes superiores a 4.000 kg ha⁻¹ (Figura 2). As maiores amplitudes foram verificadas para os municípios de Aimorés, Araçuaí e Janaúba, que correspondem às localidades com menor precipitação anual (Tabela 1).

Em Aimorés, em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), sob condições meteorológicas favoráveis, a produtividade de massa seca variou de 14.454 a 17.466 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca entre 11.754 e 14.454 kg ha⁻¹. Em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), sob condições meteorológicas desfavoráveis, as produtividades de massa seca de silagem variaram de 3.709 a 11.754 kg ha⁻¹. Entre a maior e a menor produtividade de massa seca obtida para todos os anos simulados, houve uma diferença de 79%.

Para Araçuaí, em 25% anos (1 em cada 4 anos) sob condições meteorológicas favoráveis, a produtividade de massa seca variou de 15.404 a 17.842 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca entre 12.599 e 15.404 kg ha⁻¹. Quando as condições meteorológicas foram desfavoráveis em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), as produtividades de massa seca variaram de 2.778 a 12.599 kg ha⁻¹ (Figura 2). Entre a maior e a menor produtividade de massa seca, houve uma diferença de 89%.

Em Janaúba, em 25% dos anos anos (1 em cada 4 anos) sob condições meteorológicas favoráveis, a produtividade de massa seca variou de 16.373 a 18.330 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca entre 13.425 e 16.373 kg ha⁻¹. Em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), sob condições meteorológicas desfavoráveis, as produtividades de massa seca variaram de 30 a 13.425 kg ha⁻¹ (Figura 2). Entre a maior e a menor produtividade de massa seca, houve uma diferença de 99%.

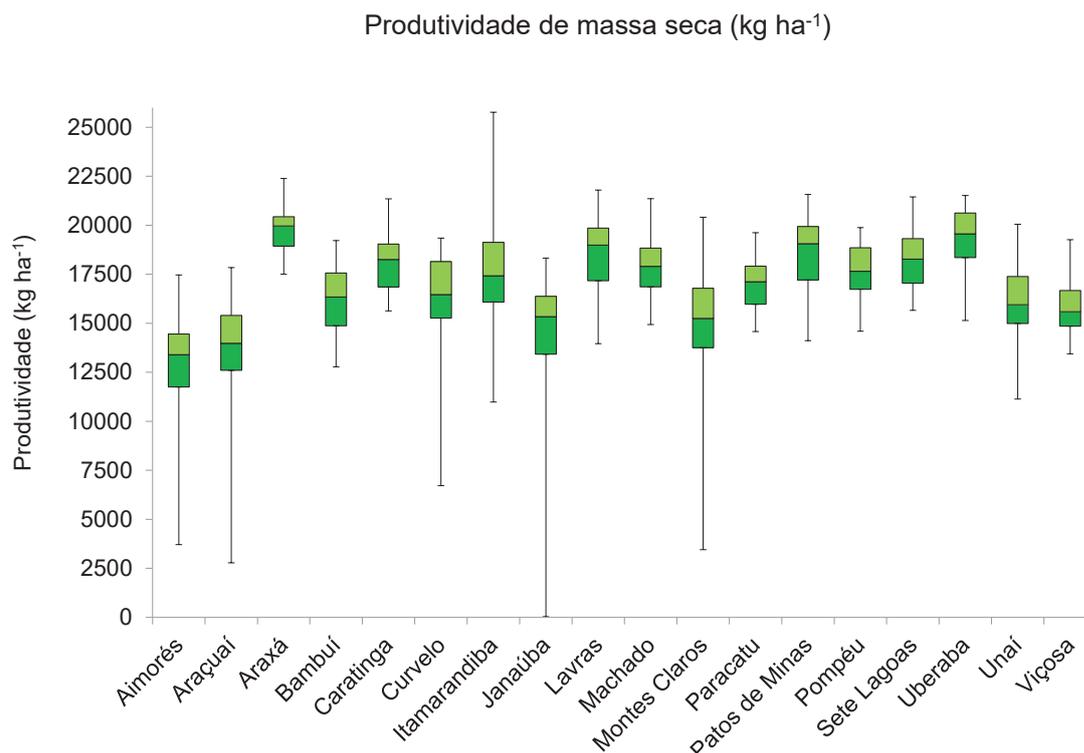


Figura 2. Variabilidade interanual da produtividade simulada de massa seca de silagem de milho, para a data de maior produtividade média, nos 18 municípios de Minas Gerais.

Qualidade da silagem

Os valores simulados de energia por unidade de fitomassa colhida (EPUWHB), para as melhores datas, variaram de 0,81 a 0,89 UFL kg⁻¹ (Figura 3A). Entre o maior e o menor valor de EPUWHB obtido entre municípios, houve uma diferença de 9%. Os menores valores médios de EPUWHB foram 0,81 UFL kg⁻¹, em Aimorés, 0,83 UFL kg⁻¹, em Araçuaí e 0,84 UFL kg⁻¹, em Janaúba. Os maiores valores médios de EPUWHB foram registrados para os municípios de Araxá, Lavras, Patos de Minas e Uberaba, cujos valores foram 0,89 UFL kg⁻¹ em Araxá e Lavras e 0,88 UFL kg⁻¹ em Patos de Minas e Uberaba (Figura 3A).

Do ponto de vista da alimentação animal, a qualidade da silagem é importante para garantir o suprimento de leite e carne ao longo do ano. Entretanto, a produção de silagem de milho de boa qualidade depende de uma série de condições, sobretudo os fatores climáticos. Conforme Braga et al. (2008), qualquer valor de EPUWHB inferior a 0,75 UFL kg⁻¹ indica baixa qualidade na silagem produzida, sendo a EPUA diretamente proporcional ao valor de EPUWHB. Portanto, em todos os municípios, a silagem apresentou boa qualidade, com valores de EPUWHB iguais ou superiores a 0,81 UFL kg⁻¹ (Figura 3A).

Para a energia por unidade de área (EPUA), os valores variaram de 10.364 a 17.701 UFL ha⁻¹, que corresponde a uma diferença de 41%. Os menores valores médios para a EPUA foram registrados para os municípios de Aimorés (10.364 UFL ha⁻¹), Araçuaí (11.134 UFL ha⁻¹), Janaúba (12.149 UFL ha⁻¹) e Montes Claros (12.607 UFL ha⁻¹). Os maiores valores médios para EPUA foram verificados para Araxá (17.701 UFL ha⁻¹), Uberaba (17.049 UFL ha⁻¹), Lavras (16.560 UFL ha⁻¹) e Patos de Minas (16.366 UFL ha⁻¹), respectivamente (Figura 3B).

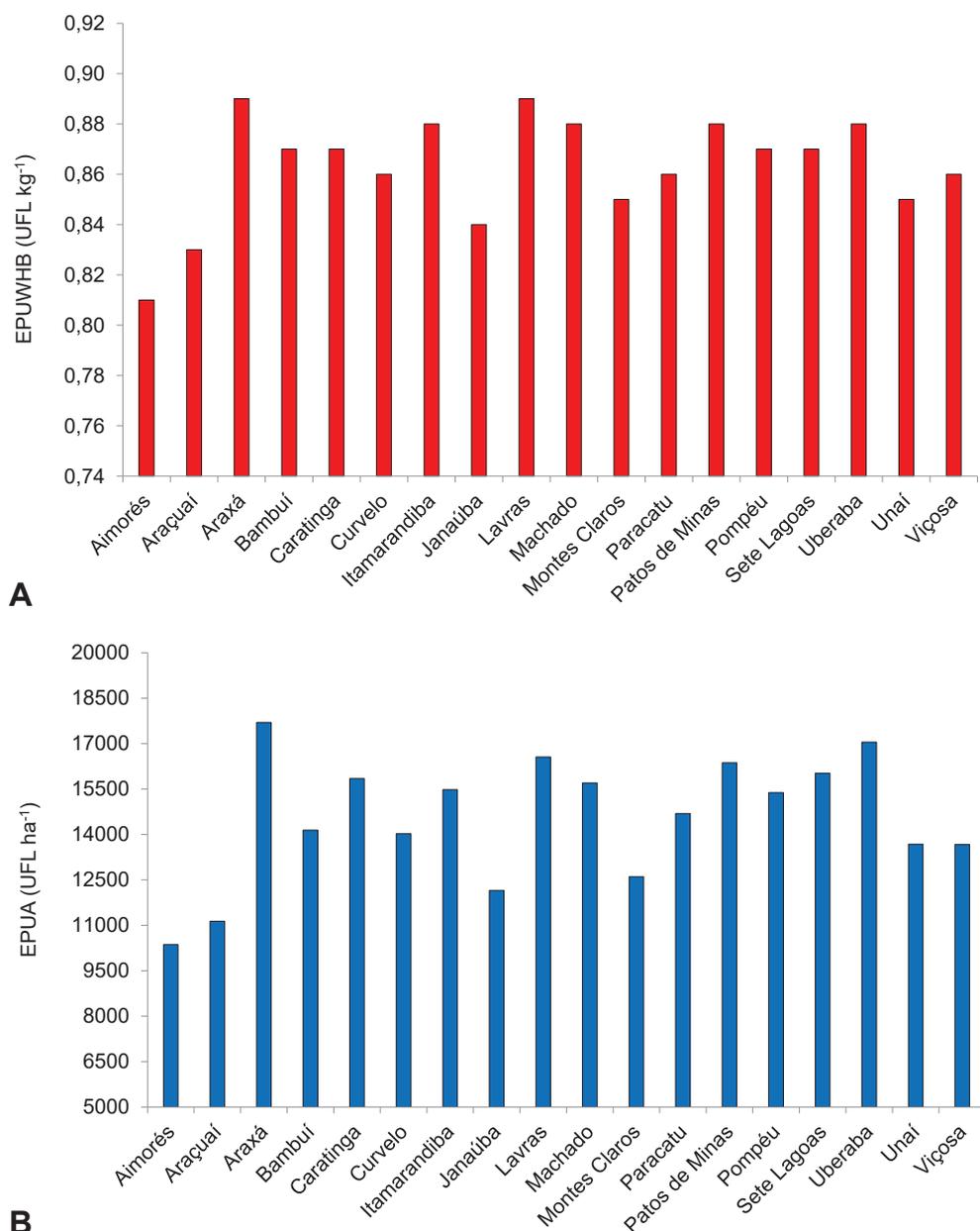


Figura 3. Energia por unidade de fitomassa colhida (A) e energia por unidade de área (B), para a data de maior produtividade média nos 18 municípios de Minas Gerais.

Precipitação no período da colheita

Na escolha da data de semeadura do milho mais apropriada para a produção de silagem, deve-se levar em consideração não só a produtividade, mas também a ocorrência de chuvas na época da colheita. Isso porque, em condições de precipitações excessivas, o solo se torna mais suscetível à compactação. Além disso, em campos de produção de silagem, cerca de 60 a 70% da área é trafegada na ocasião da colheita (Duttmann et al., 2014). As pressões exercidas sobre o solo pelas máquinas agrícolas, combinadas com elevadas umidades, resultam na formação de camadas compactadas, geralmente entre 8 e 15 cm de profundidade (Streck et al., 2004). Essas camadas, por sua vez, representam uma barreira física ao crescimento radicular das plantas, à infiltração de água, à disponibilização de água e nutrientes e à aeração do solo, o que certamente compromete o desempenho da cultura na safra seguinte.

Para os quatro municípios que apresentaram as maiores produtividades simuladas (Araxá, Lavras, Patos de Minas e Uberaba), os valores acumulados de precipitação no período da colheita variaram de 1,44 mm a 49,95 mm (Figura 4). Em Araxá, as precipitações médias diárias foram inferiores a 1 mm dia⁻¹, com um total acumulado de 1,44 mm. Lavras apresentou precipitações médias diárias de 7,14 mm dia⁻¹, acumulando no total 49,95 mm. Em Patos de Minas, as precipitações médias foram de 1,84 mm dia⁻¹, com um total acumulado de 12,91 mm. Em Uberaba, ocorreram precipitações em torno de 3,10 mm dia⁻¹, acumulando 21,67 mm.

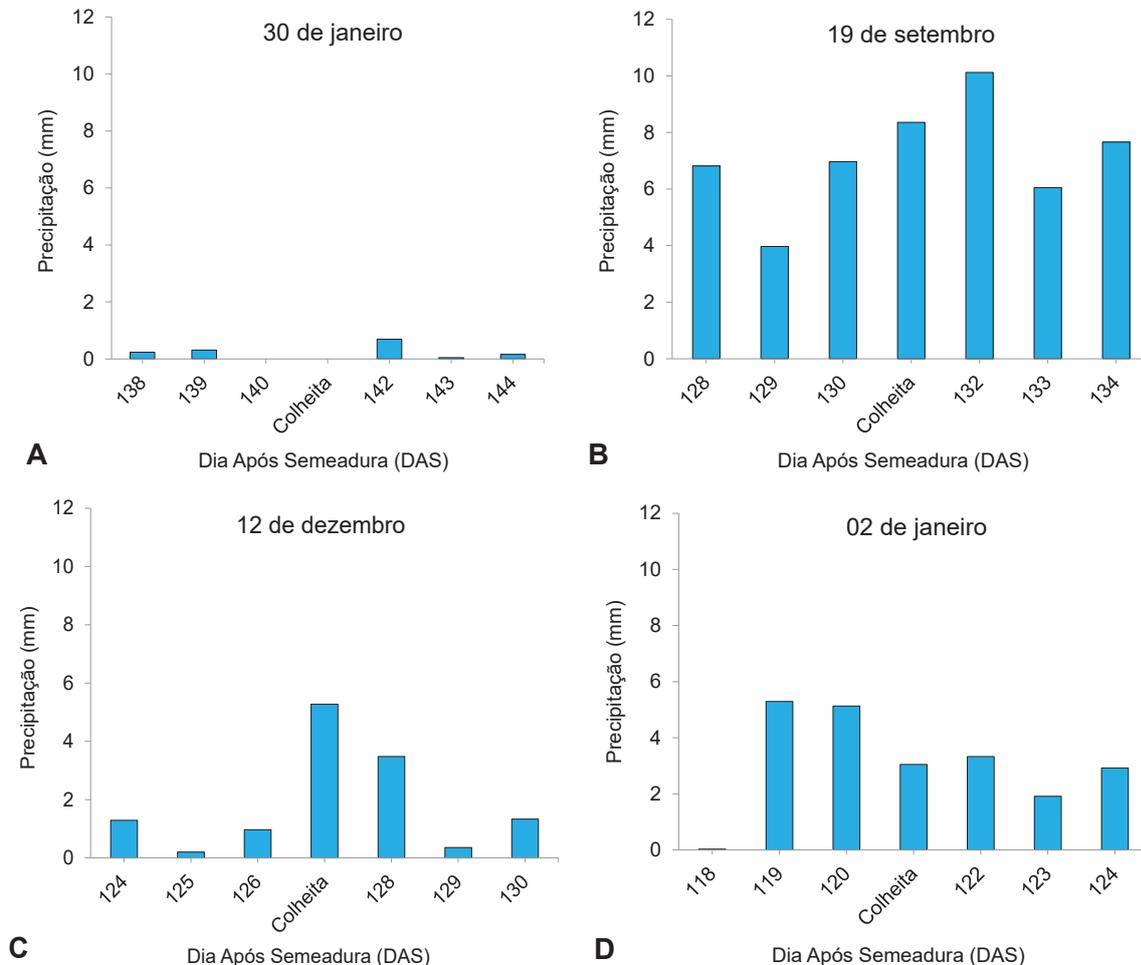


Figura 4. Precipitações médias diárias no período de colheita, para a data de maior produtividade média em (A) Araxá, (B) Lavras, (C) Patos de Minas e (D) Uberaba.

O valor de precipitação acumulada para Lavras indica que, no período ideal para a colheita, há alta suscetibilidade à compactação do solo. Nesse caso, o produtor deve optar pela alteração da data de semeadura. Dentro da janela de semeadura recomendada para o município (Figura 5a), a data que proporciona as menores precipitações no período da colheita é 5 de dezembro, com valor acumulado de 16,45 mm (Figura 5b). Comparativamente à data de maior produtividade média (19 de setembro), esse valor representa uma redução de 67% na precipitação acumulada e, portanto, confere um risco muito menor à compactação do solo. Quanto à qualidade da silagem produzida, os valores EPUA e EPUWHB apresentaram uma redução de apenas 5% (Figuras 5c e 5d). Dessa forma, a data de semeadura mais adequada para Lavras não seria a data de maior rendimento (19 de setembro), mas sim a data que mais assegura a manutenção da qualidade física do solo, com pequena redução na produtividade e na qualidade da silagem produzida (5 de dezembro).

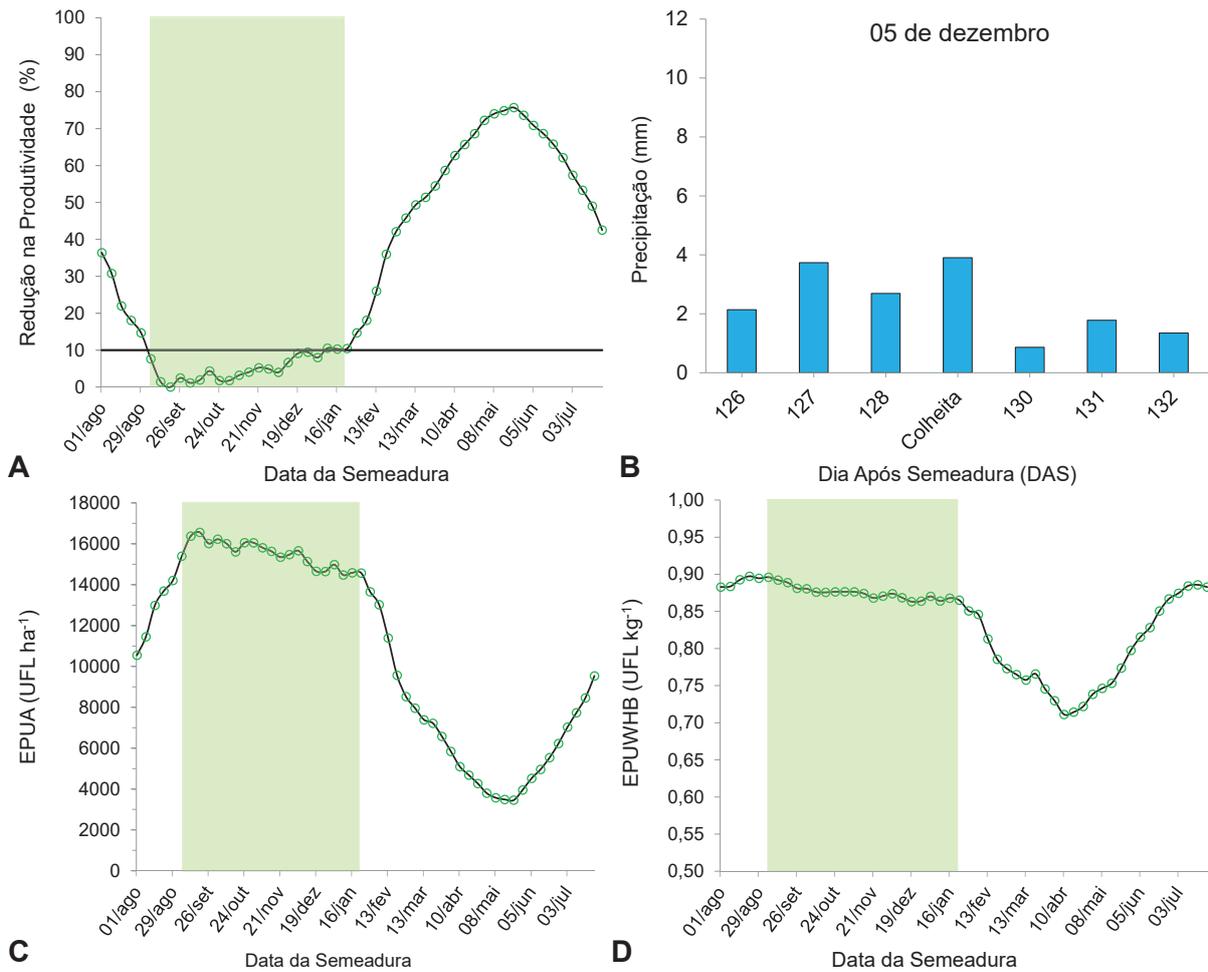


Figura 5. Período de semeadura, em destaque (A), precipitações médias diárias no período da colheita (B), energia por unidade de área (C) e energia por unidade de fitomassa seca de silagem (D), em Lavras, MG.

Produção de silagem no regime irrigado

Efeito da data de semeadura na produtividade

Os períodos de semeadura mais estreitos foram obtidos em Bambuí, Lavras e Machado (Tabela 3). O município de Bambuí apresentou período de semeadura entre 23 de janeiro e 27 de março. Em Lavras, o período de semeadura foi de 2 de janeiro a 13 de março, enquanto em Machado, o período de semeadura foi de 5 de dezembro a 6 de março (Tabela 3). Realizando a semeadura nesses períodos, tem-se um menor risco de quebra no rendimento de silagem, por causa das condições de temperatura e radiação solar favoráveis ao crescimento da cultura.

Tabela 3. Período de semeadura e data de maior produtividade média simulada de massa seca de milho silagem, no regime irrigado, para 18 municípios de Minas Gerais.

Município	Período de Semeadura	Data de Semeadura
Aimorés	07/11 a 20/03	30/01
Araçuaí	08/08 a 20/03	19/12
Araxá	21/11 a 13/03	13/02
Bambuí	23/01 a 27/03	20/02
Caratinga	24/10 a 13/03	13/02
Curvelo	05/12 a 03/04	20/02
Itamarandiba	24/10 a 20/03	13/02
Janaúba	31/10 a 10/07	19/12
Lavras	02/01 a 13/03	06/02
Machado	05/12 a 06/03	06/02
Montes Claros	31/10 a 10/07	13/02
Paracatu	31/10 a 01/05	20/02
Patos de Minas	14/11 a 20/03	13/02
Pompéu	28/11 a 20/03	20/02
Sete Lagoas	28/11 a 27/03	13/02
Uberaba	28/11 a 20/03	13/02
Unai	14/11 a 05/06	20/02
Viçosa	21/11 a 13/03	13/02

As maiores amplitudes nos períodos de semeadura foram registradas para os municípios de Janaúba, Montes Claros, Araçuaí, Paracatu e Unai (Tabela 3). Em 15 dos 18 municípios estudados, o mês de fevereiro se apresentou como o mais adequado para a semeadura de milho em sistemas irrigados, sendo os dias 6, 13 e 20 de fevereiro os mais indicados para o plantio. As únicas exceções à semeadura em fevereiro são os municípios de Aimorés (30/01), Araçuaí (19/12) e Janaúba (19/12) (Tabela 3).

Em simulações para o milho grão sob regime irrigado com o modelo CSM-CERES-Maize, Tigges et al. (2016) também indicaram o mês de fevereiro como a melhor época para semeadura em 17 das 19 cidades avaliadas. Em fevereiro, o clima é caracterizado pela menor ocorrência de dias nublados, por temperaturas diurnas adequadas à cultura e por temperaturas noturnas mais amenas, em comparação aos últimos meses do ano, o que favorece a redução da taxa de respiração celular e, conseqüentemente, melhora o saldo energético da cultura, proporcionando maiores produtividades (Gifford, 2011).

Quanto ao rendimento de silagem irrigada, nota-se que os municípios de Araçuaí, Aimorés e Unai apresentaram as menores produtividades simuladas para Minas Gerais (Figura 6). Entretanto, o menor rendimento obtido para o regime irrigado nessas localidades se aproxima e até supera o maior rendimento alcançado sem irrigação (Figura 1).

As produtividades de massa seca, considerando a melhor data de semeadura para esses municípios foram, respectivamente, 16.989, 17.194 e 18.812 kg ha⁻¹ (Figura 6). Vale ressaltar que os dados de clima de Unai são para o vale conhecido como “Vão”, localizado a aproximadamente 300 metros abaixo das chapadas onde a agricultura apresenta alto desempenho. Embora a maior parte da produção de grãos de Unai ocorra nas chapadas, é no “Vão” que se concentra a pecuária carente de suplementação alimentar para o rebanho.

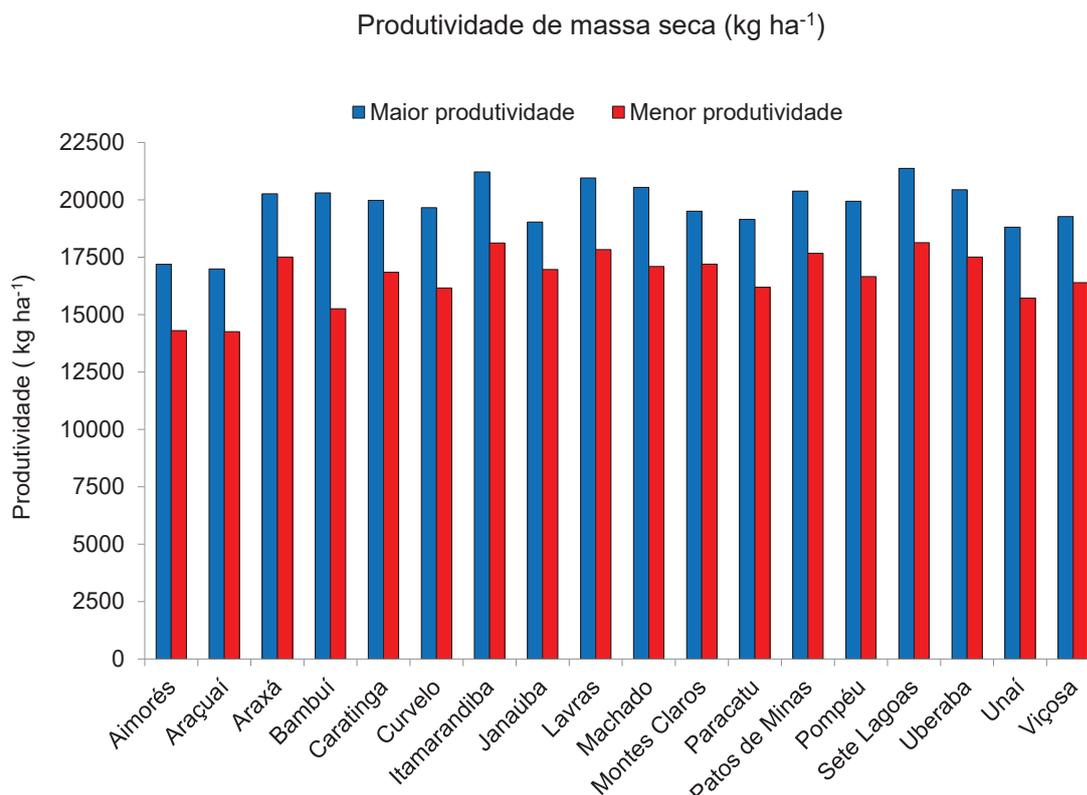


Figura 6. Maior e menor produtividade de massa seca simulada de silagem de milho, no regime irrigado, em 18 municípios de Minas Gerais.

Produtividades de silagem de milho, cultivar DKB 350YG, variando de 17.610 kg ha⁻¹ a 19.070 kg ha⁻¹ foram reportadas por Moreira et al. (2015) em Montes Claros, com o uso de irrigação. Esses resultados são semelhantes aos simulados neste estudo para a mesma localidade (Figura 6). Em Sete Lagoas, Resende et al. (2016) observaram uma produtividade de 23.480 kg ha⁻¹ para o milho DKB 390PRO irrigado na safra de verão 2014/2015. Considerando que os resultados simulados correspondem a uma média de 33 anos (1981-2013), pode-se considerar que o modelo também foi capaz de simular satisfatoriamente a produtividade nesse município (Figura 6). Apesar da inexistência de observações reportadas na literatura para todos os 18 municípios estudados, a concordância para esses dois municípios, divergentes entre si em relação às condições meteorológicas, assegura a confiabilidade das simulações sob condições irrigadas para a recomendação de períodos de semeadura de milho para silagem em Minas Gerais.

As maiores produtividades de massa seca médias simuladas de silagem para o regime irrigado foram 21.369 kg ha⁻¹ em Sete Lagoas, 21.216 kg ha⁻¹ em Itamarandiba e 20.956 kg ha⁻¹ em Lavras (Figura 6). Mesmo com o uso da irrigação, a produtividade média de silagem sofreu considerável variabilidade interanual, em todos os 18 municípios estudados. As cidades de Araxá, Sete Lagoas e Montes Claros apresentaram as menores variações de produtividade, enquanto as maiores variações foram observadas em Bambuí, Curvelo e Pompéu (Figura 7).

Em Bambuí, em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), sob condições meteorológicas favoráveis, a produtividade de massa seca de silagem variou de 21.441 a 22.561 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca de silagem entre 18.995 e 21.441 kg ha⁻¹. Em 25% dos anos (1 em cada 4 anos) sob condições meteorológicas desfavoráveis, as produtividades de massa seca de silagem foram de 15.704 a 18.995 kg ha⁻¹ (Figura 7). Entre a maior e a menor produtividade de massa seca de silagem obtida em todos os 33 anos simulados, houve uma diferença de 30%.

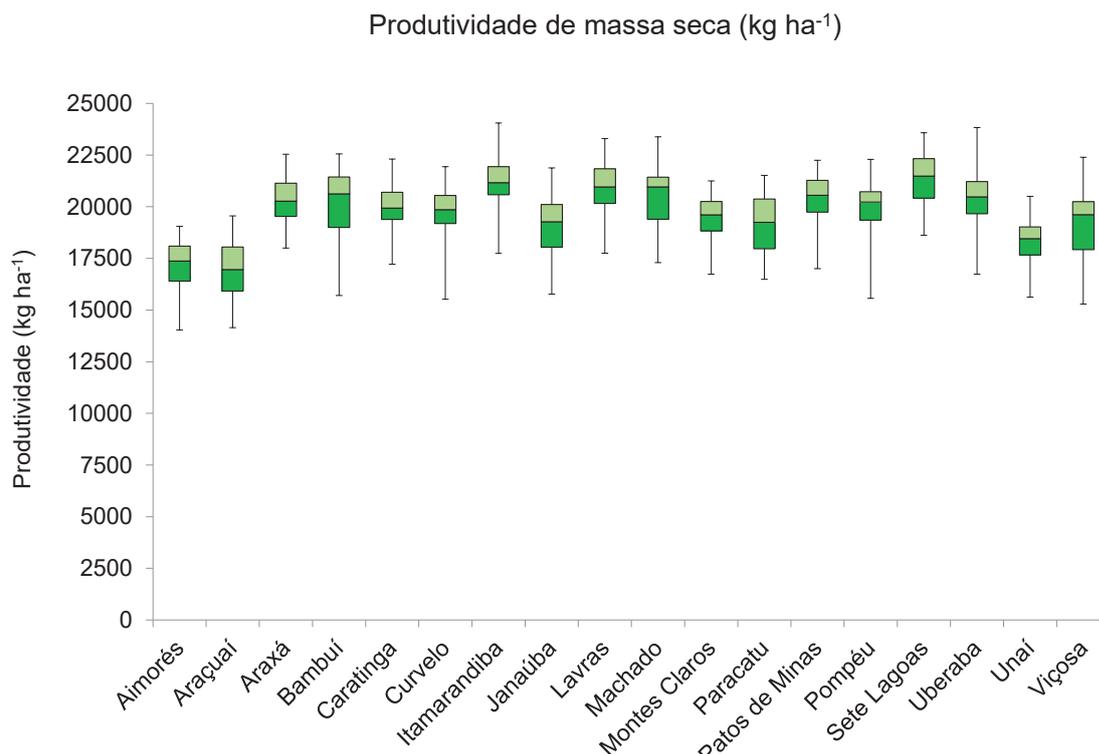


Figura 7. Variabilidade interanual da produtividade simulada de silagem de milho, para a data de maior produtividade média nos 18 municípios de Minas Gerais.

Em Curvelo, pode-se observar que em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), sob condições meteorológicas favoráveis, a produtividade de massa seca de silagem oscilou de 20.547 a 21.939 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca de silagem entre 19.188 e 20.547 kg ha⁻¹. Em 25% (1 em cada 4 anos), por causa das condições meteorológicas desfavoráveis, as produtividades variaram de 15.522 a 19.188 kg ha⁻¹ (Figura 7). Entre a maior e a menor produtividade de massa seca de silagem obtida, houve uma diferença de 29%.

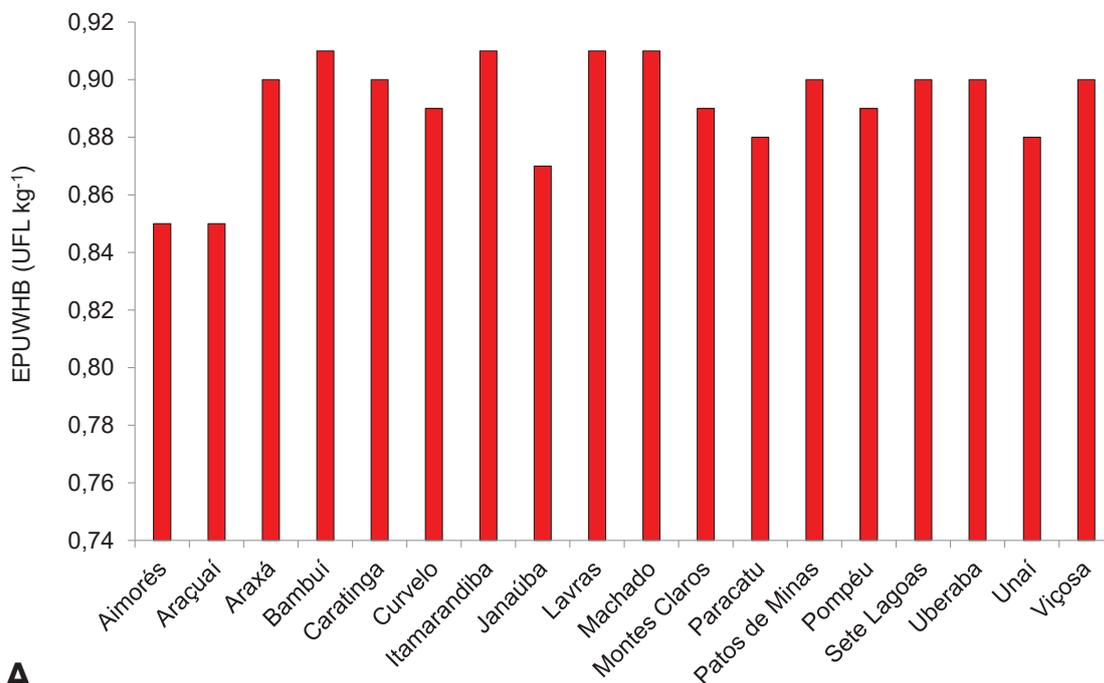
Para o município de Pompéu, pode-se observar que em condições meteorológicas favoráveis em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), a produtividade de massa seca de silagem oscilou de 20.727 a 22.289 kg ha⁻¹. Em 50% dos anos (ano sim, ano não), obtiveram-se produtividades de massa seca de silagem entre 19.348 e 20.727 kg ha⁻¹. Sob condições meteorológicas desfavoráveis em 25% dos anos (1 em cada 4 anos), as produtividades de massa seca de silagem variaram de 15.568 a 19.348 kg ha⁻¹ (Figura 7). Entre a maior e a menor produtividade de massa seca de silagem obtida, houve uma diferença de 30%.

Apesar de ter ocorrido variação da produtividade de massa seca de silagem no cultivo com irrigação, as variabilidades observadas para os municípios com maiores amplitudes foram, em geral, menores que aquelas verificadas para o cultivo de sequeiro. Portanto, há menor risco de quebra de rendimento no cultivo irrigado. Esse resultado demonstra que, ainda que a temperatura e a radiação solar influenciem significativamente a produção de milho, a disponibilidade hídrica pode ser considerada o fator mais limitante ao cultivo de milho silagem em Minas Gerais.

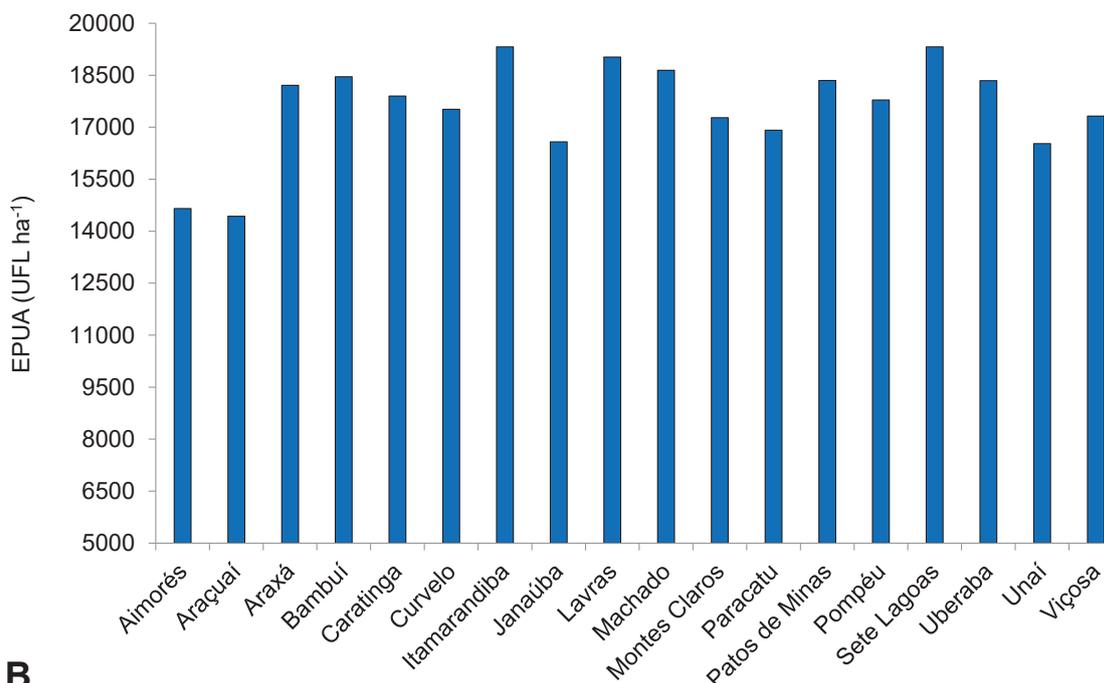
Qualidade da silagem

Os valores simulados de energia por unidade de fitomassa seca de silagem (EPUWHB) oscilaram de 0,85 a 0,91 UFL kg⁻¹ (Figura 8A). Entre o maior e o menor valor de EPUA, houve uma diferença

de 7%. Os maiores valores médios de EPUWHB (0,91 UFL kg⁻¹) foram simulados para os municípios de Bambuí, Lavras e Machado. Os menores valores médios de EPUWHB (0,85 UFL kg⁻¹) foram obtidos em Aimorés e Araçuaí.



A



B

Figura 8. Energia por unidade de fitomassa seca de silagem (A) e energia por unidade de área (B), para a data de maior produtividade média de massa seca de silagem nos 18 municípios de Minas Gerais.

Para a energia por unidade de área (EPUA), os valores variaram de 10.364 a 17.701 UFL ha⁻¹ (Figura 8B), que corresponde a uma diferença de 41%. Os menores valores médios de EPUA foram registrados para os municípios de Aimorés, (10.364 UFL ha⁻¹), Araçuaí (11.134 UFL ha⁻¹), Janaúba (12.149 UFL ha⁻¹) e Montes Claros (12.607 UFL ha⁻¹). Os maiores valores médios de EPUA foram verificados para Araxá (17.701 UFL ha⁻¹), Uberaba (17.049 UFL ha⁻¹), Lavras (16.560 UFL ha⁻¹) e Patos de Minas (16.366 UFL ha⁻¹).

Precipitação no período da colheita

Para os quatro municípios que apresentaram as maiores produtividades com o uso de irrigação (Sete Lagoas, Itamarandiba, Lavras e Machado), os valores acumulados de precipitação na época da colheita variaram de 1,6 mm (Sete Lagoas) a 6,0 mm (Machado) e as precipitações médias diárias foram inferiores a 2 mm dia⁻¹ (Figura 9). Considerando a relação direta entre umidade do solo e suscetibilidade à compactação (Lima et al., 2012), pode-se deduzir que a entrada de maquinário para a colheita do milho apresentaria implicações mínimas à compactação solo, por causa das baixas precipitações.

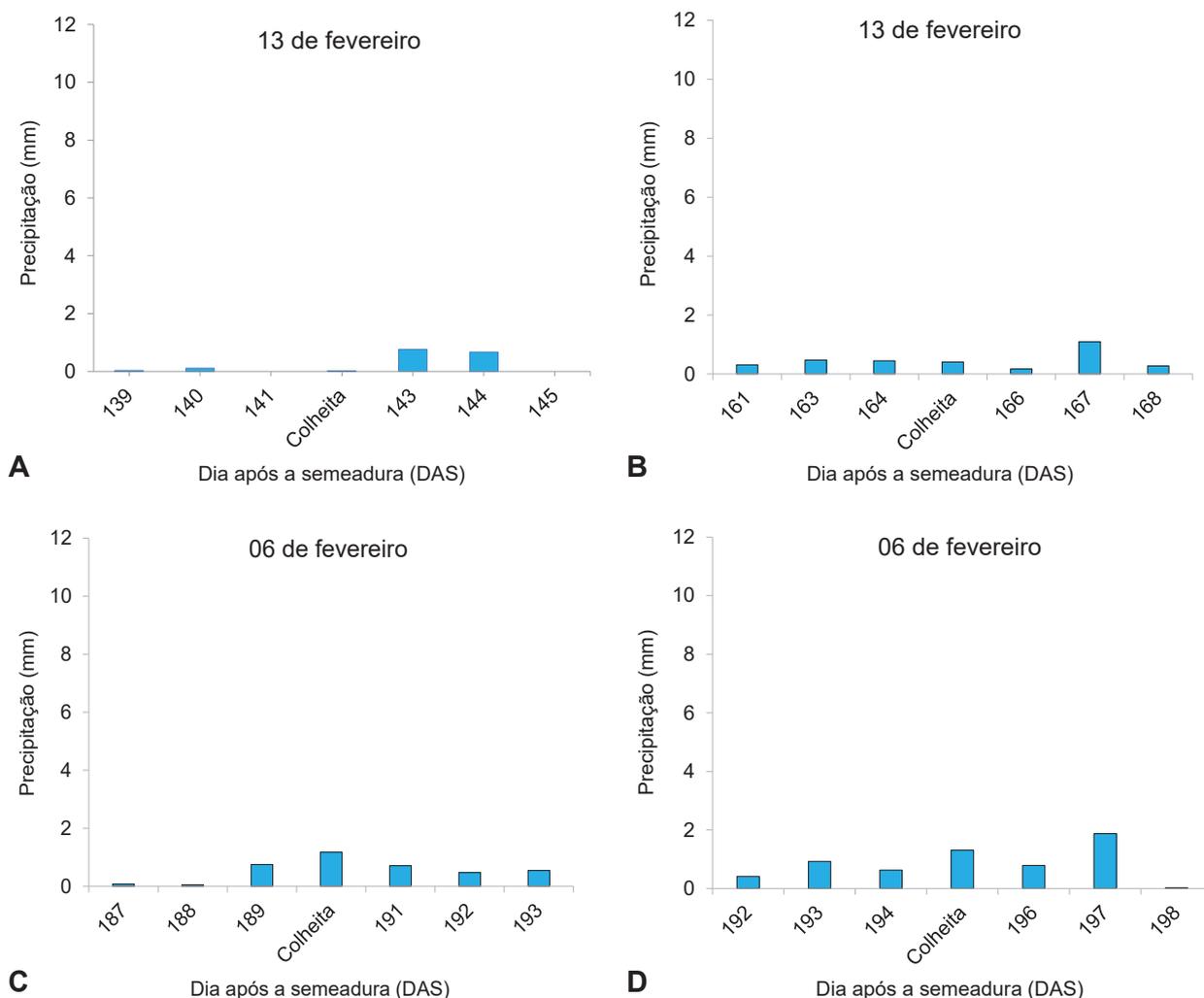


Figura 9. Precipitação média diária no período de colheita, para a data de maior produtividade média de massa seca de silagem em (A) Sete Lagoas, (B) Itamarandiba, (C) Lavras e (D) Machado.

Conclusão

Em geral, as melhores datas de sementeira para milho silagem, sob regime de sequeiro em Minas Gerais, ocorrem no mês de outubro. Para o regime irrigado, as datas mais adequadas se concentram no mês de fevereiro.

Considerando apenas as melhores datas de sementeira, a produtividade de massa seca de milho para silagem, sem irrigação, apresenta menor produtividade e maior variabilidade interanual em relação ao cultivo irrigado.

A qualidade da silagem sob irrigação tende a ser superior, com menores riscos à compactação do solo, por causa das baixas precipitações, na ocasião da colheita. Subentende-se, nesse caso, que o produtor suspenda a irrigação pelo menos sete dias antes do período esperado de colheita da cultura.

Em condições ótimas de disponibilidade hídrica do solo, os fatores climáticos temperatura média diurna, temperatura média noturna e radiação solar condicionam o desempenho da cultura do milho para silagem no Estado de Minas Gerais.

Referências

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. L. T.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; GARCIA y GARCIA, A.; SILVA, D. F.; ALBERNAZ, W. M.; HOOGENBOOM, G. Nitrogen management strategies for smallholder maize production systems: yield and profitability variability. **International Journal of Plant Production**, v. 9, n. 1, p. 75-98, 2015.

AMUDHA, J.; BALASUBRAMANI, G. Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. **Biotechnology and Molecular Biology Reviews**, v. 6, n. 2, p. 31-58, 2011.

ANDRADE, C. de L. T. de; SILVA, P. P. G. da; MAGALHÃES, B. G.; PAIXÃO, 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.

ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; DUARTE, J. D. O.; GARCIA, J. C.; SILVA, D. D. F.; MARTINS, P. C. Simulated yield and net return of a maize crop fertilized with different sources and rates of nitrogen. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 254-267, 2013.

ANUÁRIO leite 2018: indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2018. 114 p.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS: ASCAR, 2014. 84 p.

BRAGA, R. N. F. G. P.; CARDOSO, M. J.; COELHO, J. P. Crop model based decision support for maize (*Zea mays* L.) silage production in Portugal. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 224-233, 2008.

CARVALHO, R. M. **Avaliação da silagem de milho em fazendas leiteiras de Patos de Minas, MG**. 2016. 49 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; PARDEE, W. D. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 2, p. 277-282, 1994.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (Ed.). **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

DUTTMAN, R.; SCHWANEBECK, M.; NOLDEM, M.; HORN, R. F. Predicting soil compaction risks related to field traffic during silage maize harvest. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, n. 2, p. 408-421, 2014.

FERREIRA, G. D. G.; BARRIÈRE, Y.; EMILE, J.; JOBIM, C. C.; ALMEIDA, O. C. Valor nutritivo da silagem de dez híbridos de milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 255-260, 2011.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCEÇÃO, 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.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; OGOSHI, R.; KOO, J.; SHELIA, V.; TSUJI, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT): version 4.6**. Washington: DSSAT Foundation, 2015.

LIMA, V. M. P.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2012.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 3, p. 185-192, 2015.

OLIVEIRA, J. S. e; SOUZA SOBRINHO, F. de; PEREIRA, R. C.; MIRANDA, J. M. de; BANYS, V. L.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. da S.; BOTREL, M. de A.; AUAD, M. V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 62-71, jan./abr. 2003.

PAIXÃO, J. de S.; ANDRADE, C. de L. T. de; SILVA, P. P. G. da; MAGALHÃES, B. G.; MELO, B. F. **Aptidão e potencial de produção de milho em municípios de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 41 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 199).

PEREIRA, A. M. A. R.; VON PINHO, R. G.; PAGLIS, C. M.; PEREIRA, J. L. A. R.; ALTOÉ, T. F. Eficiência do modelo *Ceres-Maize* na simulação do desempenho de híbridos de milho. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 486-493, 2010.

RESENDE, A. V. de; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. de O.; MOREIRA, S. G.; GONTIJO NETO, M. M. **Requerimentos nutricionais do milho para a produção de silagem**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 221).

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 755-760, 2004.

TIGGES, C. H. P.; ANDRADE, C. de L. T. de; MELO, B. F.; AMARAL, T. A. **Épocas de semeadura de milho em plantios de sequeiro e irrigado em Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 225).

VERMOREL, M. Nutrition energetique. In: JARRIGE, R. (Ed.). **Alimentation des bovins, ovins et caprins**. Paris: INRA, 1988. p. 57-71.

WIERSMA, D. W.; CARTER, P.; ALBRECHT, K. A.; COORS, J. G. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 94-99, 1993.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL