

Análise da Sensibilidade da Cultura do Milho às Mudanças Climáticas Empregando Modelos de Simulação: 2 – Resposta às Alterações na Precipitação.

Aline Aparecida de Castro Souza⁽¹⁾; Camilo de Lelis Teixeira de Andrade⁽²⁾; Tales Antônio Amaral⁽³⁾; Priscila Ponciana Gomes da Silva⁽⁴⁾; Talita Coutinho Teixeira⁽⁵⁾; Jéssica Sousa Paixão⁽⁶⁾.

^(1,5) Acadêmica de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas-UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, bolsista Embrapa, lineac30@gmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, PhD Eng. Irrigação/Modelagem; ⁽³⁾ Biólogo, MSc, doutorando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas; ^(4,6) Acadêmica de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei; ⁽⁴⁾ Bolsista Embrapa; ⁽⁵⁾ Bolsista CNPq; ⁽⁶⁾ Bolsista FAPEMIG.

RESUMO: A água é um fator limitante para a cultura do milho, o déficit pode ocasionar danos em todas as fases além de reduzir a produção de grãos. Utilizou-se o modelo CSM-Ceres-Maize para simular cenários do efeito de alterações no regime de precipitação e de medidas mitigadoras, como manutenção de palhada na superfície do solo e o uso de cultivares com diferentes profundidades de sistema radicular, na produtividade do milho. As simulações indicaram que, independente da profundidade de solo explorada pelo sistema radicular da cultura do milho, tanto o aumento, quanto a redução no volume de chuvas pode causar redução na produtividade de grãos. No entanto o uso de uma cultivar com sistema radicular 0,2 m mais profundo que os atuais 0,5 m, juntamente com palhada na superfície do solo, tem potencial para mitigar o efeito de redução de até 44% no volume de precipitação.

Termos de indexação: Modelagem, DSSAT, mitigação, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

As alterações climáticas globais, previstas para as próximas décadas, poderão afetar o regime de precipitação em várias regiões do Brasil, aumentando as chances de ocorrência de veranicos em algumas regiões produtoras de milho (Mendes, 2012). No município de Sete Lagoas, as maiores precipitações ocorrem entre outubro e março sendo que 55% do volume total de chuvas do ano ocorrem no verão e 2% do total de precipitação no inverno (Ferreira & Souza, 2011).

Para a cultura do milho, a água é fator determinante da produção, principalmente, na fase de germinação e nos períodos de floração e enchimento de grãos (Alves, 2012). De acordo com Dourado Neto et al. (2004), a exigência mínima no cultivo de milho sem irrigação é de 300 a 350 mm de água para uma produção satisfatória. No entanto, essa quantidade deve ser bem distribuída durante o ciclo da cultura.

A escolha da época de semeadura é uma forma de selecionar períodos em que as condições climáticas dominantes indicam disponibilidade de água para os períodos críticos (Sans et al., 2004). Andrade et al. (2004) afirmam que o período de plantio da cultura de milho em sistema de produção sequeiro em Sete Lagoas, MG seria de 26 de setembro a 07 de novembro, aceitando uma redução de 10% na produtividade em função de déficit hídrico e de outros fatores como temperaturas noturnas altas.

Outra alternativa de manejo em busca do aumento da produtividade é a cobertura do solo com palhada. Esta atua no aumento do teor de matéria orgânica, como barreira física às plantas espontâneas e prevenção à erosão, como reguladora de temperatura e, principalmente, na preservação da água no perfil de solo (Moreira et al., 2011).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar, através de simulações, os impactos da variação da precipitação diária na produtividade da cultura do milho semeada em regime de sequeiro no município de Sete Lagoas, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de simulação, baseado em processo, CSM-CERES-Maize, do sistema DSSAT (Hoogenboom et al., 2013), previamente calibrado para a cultivar BRS 1030 (Santana et al., 2010) foi utilizado para simular cenários do efeito de alterações no regime de precipitação e de medidas mitigadoras, como manutenção de palhada na superfície do solo e o uso de cultivares com diferentes profundidades de sistema radicular, na produtividade do milho. Assumiu-se que a cultivar BRS 1030 foi semeada, em regime de sequeiro, em Sete Lagoas, MG, em 24 de outubro de 2009, com uma população de 67 mil plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,80 m. A adubação consistiu de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 (N-P-K) no plantio, 300 kg ha⁻¹ da fórmula 20-2-20 (N-P-K) em cobertura aos 20 dias após a semeadura (DAS)

e 250 kg ha⁻¹ de ureia aos 28 DAS. O modelo foi programado para simular alterações no regime de chuvas, como segue: -50%, -25%, 0%, +25%, +50% das precipitações diárias observadas em 2009. Combinaram-se estes tratamentos simulados com o uso de 0, 2.000 e 4.000 kg ha⁻¹ de matéria seca de palhada de braquiária contendo, em média, 1% de nitrogênio e 2.000 kg ha⁻¹ da raiz morta no solo. Combinações foram realizadas também com cultivares de milho com sistema radicular concentrado predominantemente nas camadas 0-0,30 m; 0-0, 50 m e 0-0,70 m. Os resultados das simulações, em termos de índice de área foliar máximo, evapotranspiração das culturas no ciclo, lixiviação de nitrogênio e produtividade de grãos, foram comparados tomando-se como base os valores obtidos para o tratamento correspondente a uma cultivar com sistema radicular de 0,50 m, 2.000 kg ha⁻¹ de palhada na superfície e as condições de temperatura de outubro de 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de área foliar máximo (IAFmax), simulado para a cultura do milho, foi fortemente afetado pelas alterações no regime de chuvas e pelas medidas mitigadoras, como o uso de cultivares com sistema radicular mais profundo e, ou de palhada na superfície do solo (Figura 1). O aumento do volume de chuvas, em relação a outubro de 2009, tendeu a alterar pouco ou reduzir o IAFmax em decorrência do incremento considerável da quantidade de nitrogênio lixiviado no ciclo da cultura (Figura 2). Por outro lado, a redução no volume de chuvas apresentou respostas diferenciadas em função da profundidade do sistema radicular e da quantidade de palhada presente na superfície do solo (Figura 1). Para uma cultivar com sistema radicular raso e ausência de palhada na superfície, a redução no regime de chuvas fez com que o IAFmax reduzisse menos devido à menor lixiviação de nitrogênio (Figura 2). Para uma cultivar típica, com sistema radicular concentrado na camada 0-0,50 m e 2 t ha⁻¹ de palhada na superfície, uma redução de 25% no volume de chuvas proporcionou um aumento de 3,6% no IAFmax. Quando a massa de palhada na superfície foi aumentada para 4 t ha⁻¹, a redução de até 50% no volume de chuvas fez com que o IAFmax aumentasse em 9,1% em relação à condição típica (Figura 1). De uma forma geral, quanto maior o volume de palhada na superfície e maior a profundidade do sistema radicular da cultivar utilizada, menor deverá ser o impacto da redução do volume de chuvas. Para sistemas radiculares mais profundos e maior massa de palhada na superfície uma redução de até 25% no volume de chuvas tendeu a favorecer um maior índice de área foliar. A redução na precipitação em mais de 25% tendeu a reduzir o IAFmax, pois o

efeito do estresse hídrico na cultura passa a ser mais relevante que a redução na lixiviação de nitrogênio (Figura 2). Para Taiz & Zeiger (2004), citados por Souza (2012), a área foliar diminuída é um mecanismo de defesa das plantas para evitar as perdas de água.

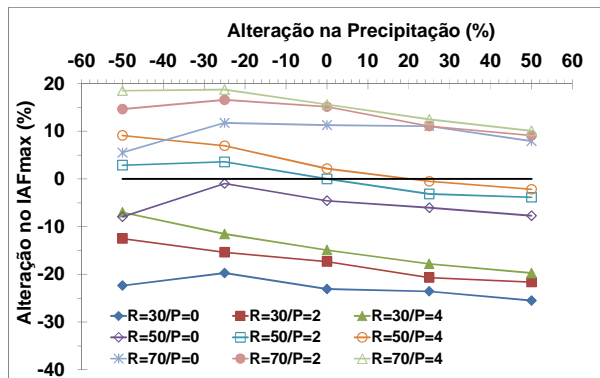


Figura 1- Variação no índice de área foliar máximo da cultura do milho em função de alterações na precipitação, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

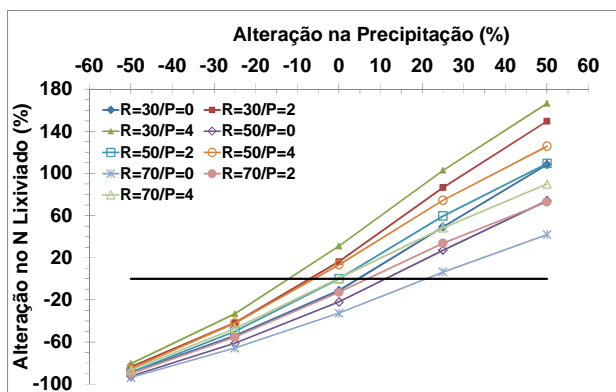


Figura 2- Variação na quantidade de nitrogênio lixiviado no ciclo da cultura do milho em função de alterações na precipitação, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

A resposta da quantidade de nitrogênio lixiviado no ciclo da cultura do milho em função das alterações no regime de chuvas foi praticamente linear para todos os tratamentos simulados (Figura 2). Um aumento de 50% no volume de chuvas pode causar incrementos de até 166% na quantidade de nitrogênio lixiviado no ciclo da cultura do milho. Por outro lado, uma redução de 50% no volume de chuvas pode proporcionar uma redução de até 94% na quantidade de N lixiviado. Em estudo feito por Andrade et al. (2004) onde foi medido em lisímetro a lixiviação do N em um sistema de produção irrigado, observou-se que o excesso de irrigação ocasiona maiores perdas de N por lixiviação. Quanto mais

raso o sistema radicular da cultura, maior a quantidade de N lixiviada em função do aumento das chuvas, pois a cultura extrai menos nitrogênio do solo. Adicionalmente, quanto maior a massa de palhada na superfície, com 1% de N na composição e 2 t ha⁻¹ de raiz morta no perfil do solo, maiores foram as perdas de N por lixiviação, devido ao aumento do volume de chuvas, pois parte do nitrogênio mineralizado da palhada e raiz estará disponível para ser lixiviado. Quanto maior a profundidade do sistema radicular da cultura e menor a quantidade de palhada na superfície, menor a quantidade de N lixiviado, pois menos N estará disponível para lixiviação e maior a chance da cultura extrair este nutriente.

O aumento no volume de precipitação em 50% causou até 15% de aumento na evapotranspiração acumulada no ciclo da cultura do milho (Figura 3). Quanto maior a profundidade do sistema radicular e menor a massa de palhada na superfície do solo, maior é o incremento da ETcciclo em decorrência do aumento da precipitação. Por outro lado, a redução em 50% no volume de chuvas causou uma redução de até 32% na evapotranspiração no ciclo devido ao estresse hídrico sofrido pela cultura. Quanto menor a massa de palhada na superfície do solo, tanto maior é o efeito da redução do volume de chuvas na ETcciclo.

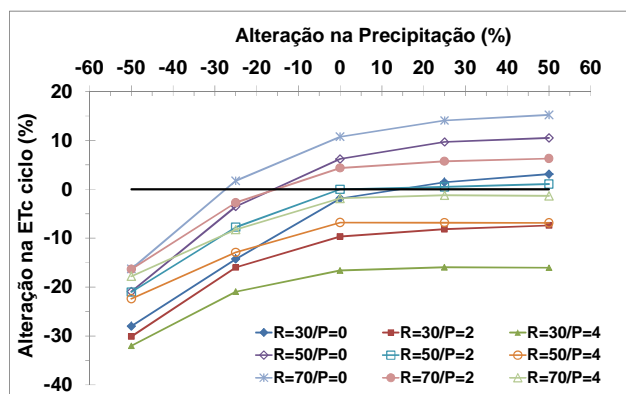


Figura 3- Variação na evapotranspiração no ciclo no ciclo da cultura do milho em função de alterações na precipitação, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

Considerando como referência o mês de outubro de 2009, tanto o aumento, quanto a redução do volume de chuvas afetou consideravelmente a produtividade de milho (Figura 4). O efeito do aumento no volume de chuvas na produtividade do milho foi mais significativo para cultivares com sistema radicular mais raso. Para uma cultivar com sistema radicular de 0,5 m, um aumento de 50% no regime de chuvas causou uma redução na produtividade de até 17% devido à lixiviação de nitrogênio (Figura 2). Para esta mesma cultivar, uma

redução de 50% no volume de chuvas proporcionou uma redução de 21% no rendimento de grãos. Nas condições climáticas de outubro de 2009, o cultivo de milho em solos corrigidos inadequadamente ou com algum impedimento físico ou químico, em que a cultura cresceria o sistema radicular só até 0,3 m, pode causar uma redução de até 31% na produtividade de grãos de milho. O efeito benéfico do uso de palhada na superfície do solo só fica mais evidente quando a redução no volume de chuvas atinge 50%. Nesta situação a manutenção de 4 t ha⁻¹ de palhada na superfície do solo é consideravelmente vantajosa. As simulações indicam que o uso de uma cultivar com sistema radicular 0,2 m mais profundo que os atuais 0,5 m, juntamente com palhada na superfície do solo, tem potencial para mitigar o efeito de redução de até 44% no volume de precipitação. Obviamente que para uma cultivar desenvolver o sistema radicular mais profundo deverá haver uma redução no seu potencial produtivo uma vez que parte dos fotoassimilados são translocados para o crescimento e desenvolvimento de raiz. Segundo Moraes (1991) o aprofundamento das raízes permite uma absorção de água e dos nutrientes lixiviados melhorando o estado nutricional das plantas e aumentando sua tolerância a períodos curtos de seca.

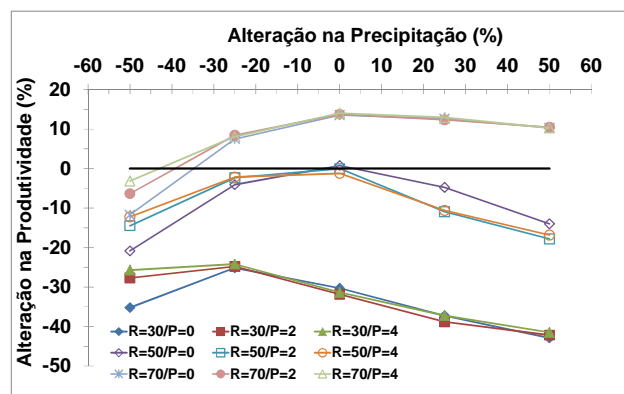


Figura 4- Variação na produtividade de grãos de milho, em função de alterações na precipitação, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

CONCLUSÕES

Independente da profundidade de solo explorada pelo sistema radicular da cultura do milho, tanto o aumento, quanto a redução no volume de chuvas pode causar redução na produtividade de grãos.

O aumento de 50% no volume de chuvas pode reduzir o rendimento de milho em até 43% se o sistema radicular da cultivar utilizada não ultrapassar 0,30 m.

O aprofundamento do sistema radicular de 0,50 para 0,70 m e o uso combinado de palhada na

superfície do solo tem o potencial para mitigar o efeito da redução de até 44% no volume de chuvas.

O efeito benéfico do uso de palhada na superfície do solo só fica mais evidente quando a redução no volume de chuvas atinge 50%.

O aprofundamento do sistema radicular da cultura do milho é consideravelmente mais significativo para mitigar o efeito do aumento ou redução no volume de chuvas, em comparação com a manutenção de palhada na superfície do solo, embora esta prática apresente vantagens em termos de conservação do solo e da água.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG, EMBRAPA e UNIFEMM pelos recursos financeiros destinados à apresentação do artigo no congresso e à bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. E. B.; PAIXÃO, J. S.; ANDRADE, C. L. T. de.; AMARAL, T. A.; NETO, A. J. S.; SILVA, D. F.; RODRIGUES, F. Épocas de semeadura de milho em Minas Gerais: utilização do modelo DSSAT para análise do risco climático. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 2012.

ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; COELHO, A. M.; MARRIEL, I. E.; TEIXEIRA, E. G. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 2- Lixiviação de nitrogênio. In: **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. 2004.

DOURADO NETO, D.; SPAROVEK, G.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. D.; FANCELLI, A. L.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, v. 12, n. 2, 2004.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C. F. Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG. **Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2011.

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 4.5.1.013. Honolulu: University of Hawaii, 2013. 1 CD-ROM.

MENDES, F. F.; TEIXEIRA, T. S.; GUIMARÃES, L. J. M.; MARTINS, K.G.; PARENTON, S.N.; GUIMARÃES, P. E. O.; OLIVEIRA, K. G.; REIS, D. P.; GOMES, P. H. F.

Comportamento de híbridos top-crosses de milho sob estresse hídrico. In **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

MORAES, J. F. V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 85-97, 1991.

MOREIRA, J.; STONE, L.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. Eficiência de uso de água pela cultura do milho (Zea mays) em função da cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v. 6, n. 2, p. 1-6, dez. 2011. Edição dos Resumos do 7º Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza, dez. 2011.

SANTANA, C. B.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. Parametização do modelo Ceres-Maize para cultivares de milho. 2010.

SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na Região Centro Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 527-535, 2001.

SOUZA, R. S.; Fenotipagem em milho para identificação de genótipos tolerantes à deficiência hídrica. 2012.78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - **Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí**, Teresina, 2012.

