

Análise da Sensibilidade da Cultura do Milho às Mudanças Climáticas Empregando Modelos de Simulação: 3 – Resposta às alterações na taxa de radiação solar.

Tales Antônio Amaral⁽¹⁾, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade⁽²⁾, Ana Cláudia Rodrigues de Lima⁽³⁾, Isabel Regina Prazeres de Souza⁽⁴⁾, Aline Aparecida de Castro Souza⁽⁵⁾; Talita Coutinho Teixeira⁽⁶⁾ Jéssica Sousa Paixão⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Biólogo, Doutorando UFPEL, Universidade Federal de Pelotas; ^(2,4) Pesquisador, PhD Eng. Irrigação/Modelagem, Embrapa Milho e Sorgo. camilo@cnpms.embrapa.br; ⁽³⁾ Professora, FAEM/UFPEL, Eng. Agrícola PhD; ⁽⁴⁾ Graduanda Engenharia Ambiental e Sanitária pela UNIFEMM, Sete Lagoas, MG; ⁽⁵⁾ Graduanda em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

RESUMO: A quantidade de radiação solar interceptada pelas plantas exerce influência sobre o seu desempenho, principalmente no que diz respeito à produtividade e ao consumo hídrico. O objetivo do trabalho foi avaliar utilizando o modelo CSM-Ceres-Maize, a produtividade de milho para simular diferentes combinações de radiação solar, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo. As simulações mostraram que uma maior massa de palhada na superfície do solo ajuda a atenuar os efeitos de alterações na taxa de radiação solar, mas esta prática é menos efetiva que o uso de cultivar com sistema radicular mais profundo. A utilização de uma cultivar com sistema radicular 0,20 m mais profundo que os 0,50 m considerados padrão, tem o potencial para aumentar em até 27% a produtividade de milho em condições de altas taxas de radiação solar. A manutenção de palhada pode atenuar o maior consumo de água da cultura decorrente do aumento da taxa de radiação solar.

Termos de indexação: DSSAT, produtividade, sistema radicular, plantio direto.

INTRODUÇÃO

A produtividade de uma cultura de milho é resultante do uso adequado de insumos tecnológicos de produção, das práticas de manejo do solo e de condições ambientais determinadas por fatores climáticos, durante o ciclo cultural (Fancelli & Dourado Neto, 2003).

A radiação solar vem se destacando nas pesquisas dos últimos anos, que buscam explorar o rendimento potencial das culturas. Trata-se de um fator ambiental fundamental para o desenvolvimento e o crescimento vegetal na agricultura, efetuado pelos processos fotomorfogênicos e fotossintéticos (Kunz et al., 2007).

A profundidade do sistema radicular do milho é variável em função do ambiente. Geralmente 60 a 80% do sistema radicular encontram-se nos primeiros 30 cm do solo (Rhoads & Bennett, 1990).

Para Albuquerque & Resende (2002), de uma maneira geral, a profundidade efetiva do sistema radicular do milho varia de 40 a 50 cm, sendo que a habilidade das plantas em explorar o solo em busca de água e nutrientes depende da distribuição do seu sistema radicular no perfil do solo que, por sua vez, depende das condições físicas e químicas, as quais são passíveis de alterações em função do manejo utilizado.

O sistema de semeadura direta na palha tornou-se importante instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas (Torres et al., 2008). A eficácia desse sistema está relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (Torres, 2003). Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos das plantas de cobertura nas propriedades do solo e no rendimento das culturas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes, pela decomposição da palhada (Boer et al., 2007; Gama-Rodrigues et al., 2007; Torres et al., 2008).

Embora em muitos trabalhos se venha estudando a influência da radiação solar, desenvolvimento radicular e quantidade de palhada no solo, no comportamento de cultivares de milho, poucos trabalhos buscaram avaliar o desempenho do milho quando esse três fatores são combinados.

A modelagem pode ser uma ferramenta útil neste caso, pois, além de possibilitar a simulação de cenários diversos de manejo dos fatores de produção, ainda permite o entendimento da dinâmica dos processos envolvidos no sistema e também o isolamento do efeito de alguns fatores na produtividade das culturas. O modelo de crescimento de culturas, DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (Hoogenboom et al., 2013) vem se destacando nesta área, pois possibilita a análise da dinâmica da água, solo e nutrientes, do efeito das práticas de manejo das culturas e da rentabilidade das explorações.

O objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento simulado do milho para diferentes cenários de níveis de radiação solar, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize, versão 4.5.1.023 (Hoogenboom et al., 2013), previamente parametrizado e avaliado para o híbrido simples BRS 1030 (Santana et al., 2010), para simular a resposta às alterações na radiação solar, profundidade do sistema radicular e massa de palhada na superfície do solo.

O estudo foi conduzido para as condições da estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, Brasil (19°27'18.25" Sul, 44°10'25.28" Oeste, altitude 729 m).

Considerou-se nas simulações uma semeadura realizada em 24 de outubro de 2009, em regime de sequeiro, sendo essa a data que proporciona o maior valor médio de produtividade simulada para a região (Amaral et al., 2009). Assumiu-se um espaçamento de 0,8 m entre linhas e 67 mil plantas ha⁻¹. A adubação consistiu de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O), aplicada no sulco da semeadura e 300 kg ha⁻¹ da fórmula 20-02-20 (N, P₂O₅, K₂O), em cobertura, aos 20 dias após a semeadura (DAS) e 112,5 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, aos 26 DAS.

Simularam-se alterações na radiação solar diária de -25%, 0%, +25%, +50%, combinadas com cultivares de milho ideotipadas com sistema radicular predominantemente concentrado nos 0,30 m, 0,50 m e 0,70 m do perfil do solo e também o uso de 0, 2.000 kg ha⁻¹ e 4.000 kg ha⁻¹ de palhada de braquiária com 1% de nitrogênio disposta na superfície do solo. Assumiu-se como padrão um sistema de produção de sequeiro com as condições climáticas de outubro de 2009, uma cultivar com sistema radicular de 0,50 m de profundidade e 2.000 kg ha⁻¹ de palhada na superfície (cenário 0% R=50/P=2).

Avaliaram-se as porcentagens de alteração, em relação ao padrão, do índice de área foliar máximo (IAFmax), evapotranspiração da cultura no ciclo (ETcciclo) e rendimento de grãos (Prod).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Era de se esperar que qualquer alteração na taxa diária de radiação solar afetasse diretamente a evapotranspiração acumulada no ciclo da cultura do milho (ETcciclo), uma vez que este elemento climático é o que mais afeta a evapotranspiração das culturas (Nerderhoff et al., 1992; Satnghellini, 1993) pois fornece a energia para esse processo. Em comparação o cenário padrão (0%, R=50/P=2), observa-se que uma redução de 25% na taxa de radiação solar diária pode reduzir em até 20% a

ETcciclo. Por outro lado, um aumento de 25% na taxa de radiação solar incrementou apenas 7% na ETcciclo. Nota-se que o índice de área foliar máximo (IAFmax) reduziu-se com o aumento da radiação (Figura 2) devido ao estresse hídrico provocado pelo cultivo em regime de sequeiro. Pela mesma razão, e para qualquer cenário de radiação solar, quanto mais raso o sistema radicular e menos palhada na superfície, maiores são as porcentagens de redução da ETcciclo (Figura 1). O aumento da taxa de radiação solar tem o potencial para aumentar o consumo de água da cultura no ciclo (Figura 1), mesmo que esta desenvolva menos área foliar (Figura 2). Tanto maior é o consumo de água, quanto maior for a profundidade do sistema radicular e menos palhada for mantida na superfície (Figura 1).

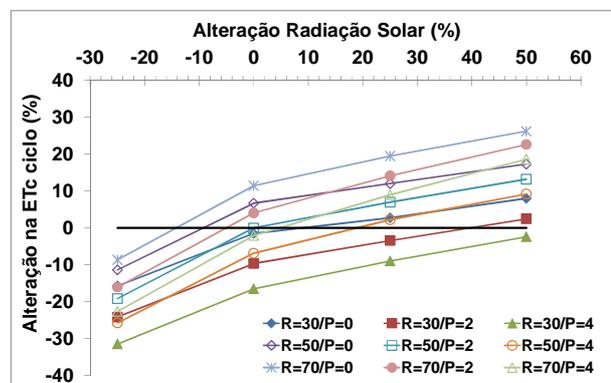


Figura 1. Variação na evapotranspiração acumulada no ciclo da cultura do milho (ETcciclo) em função de alterações na taxa de radiação solar diária, profundidade do sistema radicular em cm (R) e quantidade de palhada em t ha⁻¹ (P) na superfície do solo.

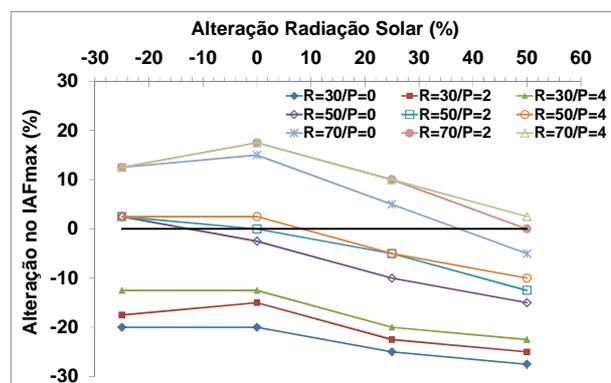


Figura 2. Variação no índice de área foliar máximo (IAFmax) da cultura do milho em função de alterações na taxa de radiação solar diária, profundidade do sistema radicular em cm (R) e quantidade de palhada em t ha⁻¹ (P) na superfície do solo.

Em comparação com o cenário padrão (0%, R=50/P=2), uma redução de 25% na taxa de radiação solar proporcionou um aumento de apenas 2,5% do IAFmax, enquanto um aumento da mesma magnitude causou uma redução de 5% no IAFmax. Para este mesmo cenário climático, quanto mais profundo o sistema radicular da cultura, maior a disponibilidade de água do solo e maior o IAFmax uma vez que a cultura sofre menor estresse hídrico (dado não mostrado). Uma maior massa de palhada na superfície do solo pode ajudar a atenuar os efeitos de alterações da taxa de radiação solar no IAFmax, mas o efeito desta prática é menos efetivo que o uso de cultivar com sistema radicular mais profundo (Figura 2).

Os efeitos das alterações na taxa de radiação solar diária no crescimento e desenvolvimento da cultura do milho são claramente refletidos na produtividade de grãos (Figura 3). Em comparação com o cenário padrão (0%, R=50/P=2), uma redução na taxa de radiação causou uma diminuição de apenas 7,8% na produtividade de milho. Um aumento de até 50% na taxa de radiação solar praticamente não afetou o rendimento da cultura.

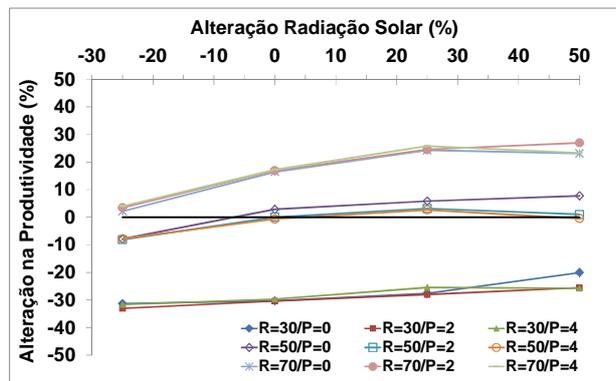


Figura 3. Variação da produtividade de grãos da cultura do milho em função de alterações na taxa de radiação solar diária, profundidade do sistema radicular em cm (R) e quantidade de palhada em t ha⁻¹ (P) na superfície do solo.

O efeito do aumento na taxa de radiação é maior, todavia, quando não há palhada na superfície e, ou quando o sistema radicular da cultura é mais raso. O uso de cultivares com um sistema radicular 0,20 m mais profundo que os 0,50 m, considerados padrão, tem o potencial para proporcionar um aumento de até 27% na produtividade de milho em condições de altas taxas de radiação. Por outro lado, este mesmo ideótipo de cultivar pode mitigar com folga os efeitos da redução de até 25% da taxa de radiação solar diária na produtividade de grãos. O uso de cultivares com sistema radicular mais profundo é mais eficiente para mitigar tais efeitos de

mudanças climáticas que o uso de palhada na superfície. A combinação das duas práticas é vantajosa, todavia, sobretudo no aspecto de conservação do solo e da água (Figura 3). Para Igue (1984) e Lal (1986), a semeadura feita por plantio direto, ou seja, sem haver revolvimento do solo e deixando assim a palhada da cultura anterior, contribui para a conservação do solo e da água, favorecendo a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, favorecendo o desenvolvimento da cultura semeada.

Vale ressaltar que, considerando as condições de radiação solar de outubro de 2009, o cultivo de milho em solos com alguma barreira química ou física, em que o sistema radicular da cultivar atinja apenas 0,30 m, pode reduzir em até 30% a produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

Considerando as condições climáticas de outubro de 2009 como referência, reduções de até 25% na taxa diária de radiação solar proporcionaram 7,8% de redução na produtividade de grãos de milho. Este efeito pode ser mitigado com o uso de cultivar com sistema radicular 0,20 m mais profundo em comparação os 0,50 m considerados padrão. O uso de cultivar com sistema radicular mais profundo é mais efetivo para mitigar tais alterações na taxa de radiação solar que a manutenção de palhada na superfície do solo. A manutenção de palhada pode atenuar o maior consumo de água da cultura, decorrente do aumento da taxa de radiação solar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG e Embrapa pelos recursos financeiros destinados à apresentação do artigo no congresso.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P.; RESENDE, M. **Cultivo do milho. Manejo da irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 47).
- 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. 12 p.(Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 88).
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho**: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: Esalq/USP/LPV, 2003. 208p.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.

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.

IGUE, K. **Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo**. In: ADUBAÇÃO VERDE NO BRASIL. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.

LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Sciences**, v.5, 1986. p. 100-109.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.11, p.1511-1520, nov. 2007.

NEDERHOFF, E. M.; RIJSDIJK, A. A.; GRAAF, R. Leaf conductance and rate of crop transpiration of greenhouse grown sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by carbon dioxide. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.52, p.283-301, 1992.

RHOADS, F.M.; BENNETT. Corn. In: STEWART, B.A. & NIELSEN, D.R., co-ed, *Irrigation of Agricultural Crops*. **American Society of Agronomy**, Madison. 1990. p. 569-596.

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

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 335, p.295-304, 1993.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, mar. 2008.

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 125p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.



XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"