

INFLUÊNCIA DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM DIFERENTES ANOS DE CULTIVO

José Bruno Rego de Mesquita¹, Francisco Barroso da Silva Junior², Benito Moreira de Azevedo³, Carlos Newdmar Vieira Fernandes⁴, Andreza de Melo Mendonça⁵, Geocleber Gomes de Sousa⁶

RESUMO: Na região Nordeste, a agricultura irrigada contribui bastante com a produção agrícola, dentre elas com a cultura do milho. Objetivou-se avaliar o efeito de lâminas de irrigação na produtividade do milho em diferentes anos de cultivo. O experimento consistiu na aplicação de lâminas de irrigação com base na E_{To} determinada pelo método Penman-Monteith (E_{ToPM}), correspondendo aos tratamentos: Li_{30} – 30%; Li_{60} – 60%; Li_{90} – 90%; Li_{120} – 120%; Li_{150} – 150% e Li_{180} – 180%. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, composto de seis tratamentos e cinco blocos. Foram avaliadas a massa da espiga com palha, a massa da espiga sem palha, a massa de mil sementes e a produtividade do milho. Observou-se uma tendência crescente na produtividade da cultura, à medida em que se aumenta a lâmina de irrigação aplicada ao cultivo. O modelo estatístico empregado estima uma produtividade máxima para o milho de 4.558,5 kg ha⁻¹ se aplicada a lâmina de irrigação ótima estimada em 143,9% da E_{ToPM} , quando se analisa o cultivo realizado em 2011. Para o cultivo realizado em 2012 verifica-se produtividade máxima de 4.704,9 kg ha⁻¹ ao fornecer a lâmina estimada em 124,2% da E_{ToPM} .

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L, agricultura irrigada, evapotranspiração

INFLUENCE OF IRRIGATION BLADES ON CORN PRODUCTIVITY IN DIFFERENT YEARS OF CROP

ABSTRACT: In the Northeast, irrigated agriculture contributes a great deal to agricultural production, among them the cultivation of corn. Objective: To evaluate the effect of irrigation

¹ Prof. Doutor, UNIFANOR WYDEN, Fortaleza, CE.

² Graduando em Agronomia, UNILAB, CEP 62.790-000, Redenção, CE. Fone (88) 996460784. e-mail: juniorbarroso_99@hotmail.com.

³ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

⁴ Prof. Doutor, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE, Iguatu, CE.

⁵ Mestranda, Departamento de Ciências do Solo, UFC, Fortaleza, CE.

⁶ Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE.

depths on corn harvest in different years of cultivation. The experiment consisted of the application of ETo-based irrigation depths determined by the Penman-Monteith method (EToPM), corresponding to the following procedures: Li30 - 30%; Li60 - 60%; Li90 - 90%; Li120 - 120%; Li150 - 150% and Li180 - 180%. The experimental design used was blocks around, consisting of six treatments and five blocks. Straw ear mass, strawless ear mass, thousand seed mass and corn crop were evaluated. An increasing trend of crop growth has been observed as the filtering of irrigation applied to the crop increases. The statistical model used calculates a maximum average for maize of 4,558.5 kg ha⁻¹ and applies to an optimal irrigation estimated at 143.9% of the EToPM when analyzing the cultivation performed in 2011. For the cultivation performed in 2012 check if the maximum maximum quantity of 4,704.9 kg ha⁻¹ is provided estimated at 124.2% of EToPM.

KEYWORDS: *Zea mays* L., irrigated agriculture, evapotranspiration

INTRODUÇÃO

Cultivado em diferentes regiões do globo terrestre, o milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo (Artuzo et al., 2019), com volume de aproximadamente 1065,1 milhões de toneladas, tendo como principais produtores os Estados Unidos, China, Brasil e União Europeia que juntos representam 71,4% da produção mundial (Santos et al., 2018).

Sua importância econômica está relacionada as várias formas de utilização, que vão da alimentação animal à indústria de alta tecnologia (Ribeiro, 2014). De acordo com dados estimados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2019), a produtividade brasileira do grão na safra 18/19 é de 5.715 kg/ha⁻¹.

Na região Nordeste, é considerado um cultivo muito tradicional, apresentando grande importância socioeconômica, sendo cultivada por pequenos, médios e grandes agricultores, em uma área de 2.509,0 mil ha, com produtividade média de 2.638 kg/ha⁻¹ (CONAB, 2019). Nessa perspectiva, o cultivo de milho irrigado pode ser uma opção bastante interessante para a região, principalmente quando cultivado na entressafra.

Dentre os diversos usos dos recursos hídricos, a irrigação destaca-se pela importância socioeconômica em regiões agrícolas áridas e semiáridas, onde é praticada para complementar a precipitação natural no atendimento das necessidades hídricas das culturas (FARIAS *et al.*, 2000).

Para se alcançar todos os objetivos da prática de irrigação, os quais englobam disponibilizar água para a planta, por meio de vários métodos, mantendo o solo com umidade adequada, aumentando, assim, a produção, racionalização do uso da mão-de-obra, energia, água e fertilizante, e a aplicação correta da água, é indispensável adotar um correto manejo da irrigação (MIRANDA; PIRES, 2003; Armindo et al., 2012).

Para Bernardo (2005), também é necessário conhecer o comportamento da cultura em função das diferentes quantidades de água fornecida, e identificar as fases de desenvolvimento de maior consumo hídrico, e os períodos críticos, quando a falta ou o excesso provocaria quedas de produção. A produção hoje alcançada está, em muitos casos, associada ao manejo inadequado da irrigação, que muitas vezes reflete em perda de produtividade nas lavouras.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de lâminas de irrigação na produtividade do milho em diferentes anos de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. De acordo com a classificação climática de Thornthwaite, o clima da região é do tipo C₂WA'a', caracterizando-se como úmido a subúmido. O solo da região é classificado como um Argissolo Vermelho Amarelo de textura areia franca.

A cultura utilizada no experimento foi o milho híbrido AG 1051, que se caracteriza por apresentar um ciclo semiprecoce, porte e inserção da espiga considerada alta, grão dentado e amarelo, excelente sistema radicular e tendo como principal finalidade de uso a produção de grãos.

Para fins de condução e manejo do experimento, foi instalado um sistema de irrigação do tipo localizada por gotejamento, constituído por: conjunto motobomba, cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes, linha principal, linhas de derivação e linhas laterais. Uma vez instalado no campo o sistema de irrigação, procedeu-se o teste de uniformidade de distribuição de água (CUD) e o de Christiansen (CUC), utilizando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) modificada por Denículi *et al* (1980). Também, foi realizado o levantamento das condições de pressão, vazão e lâmina aplicada.

O manejo da irrigação foi realizado utilizando o princípio de lâmina acumulada, de maneira que o experimento foi irrigado com base na reposição da lâmina de água evapotranspirada durante dois dias consecutivos.

As lâminas de irrigação testadas foram estabelecidas com base na evapotranspiração de referência (ET_o) obtida pela metodologia de Penman-Monteith, fazendo uso de dados referentes às variáveis climáticas (radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, precipitação e temperatura do ar) calculados de acordo com a padronização proposta pela FAO, devido sua grande aceitação e facilidade de manuseio (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). Os dados empregados nos cálculos foram coletados por meio de uma estação meteorológica automática, situada ao lado da área experimental.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, composto de seis tratamentos (lâminas de irrigação) e cinco blocos. Os tratamentos corresponderam aos níveis de irrigação de: 30, 60, 90, 120, 150 e 180% da ET_o (mm dia⁻¹), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Percentuais da ET_{oPM} e lâminas de água aplicadas no experimento, Fortaleza, Ceará, 2011 – 2012.

Tratamento	ET _o (%)	Lâmina de irrigação (mm)	
		2011	2012
Li ₃₀	30	143,2	153,2
Li ₆₀	60	286,4	306,4
Li ₉₀	90	429,6	459,59
Li ₁₂₀	120	572,7	612,69
Li ₁₅₀	150	715,9	775,99
Li ₁₈₀	180	859,1	919,19

Cada bloco continha seis parcelas com área individual de 4 m² (4 m x 1 m), contendo um total de vinte plantas, no espaçamento de cinco plantas por metro linear. As cinco primeiras e as cinco últimas plantas de cada parcela, assim como as três primeiras linhas laterais as duas do final foram consideradas como bordadura. Também, serviram de bordadura duas fileiras de plantas entre blocos. Portanto, dez plantas úteis (dois metros lineares) por parcela ficaram disponíveis para as análises. Os tratamentos foram casualizados dentro dos blocos mediante sorteio (Figura 1).

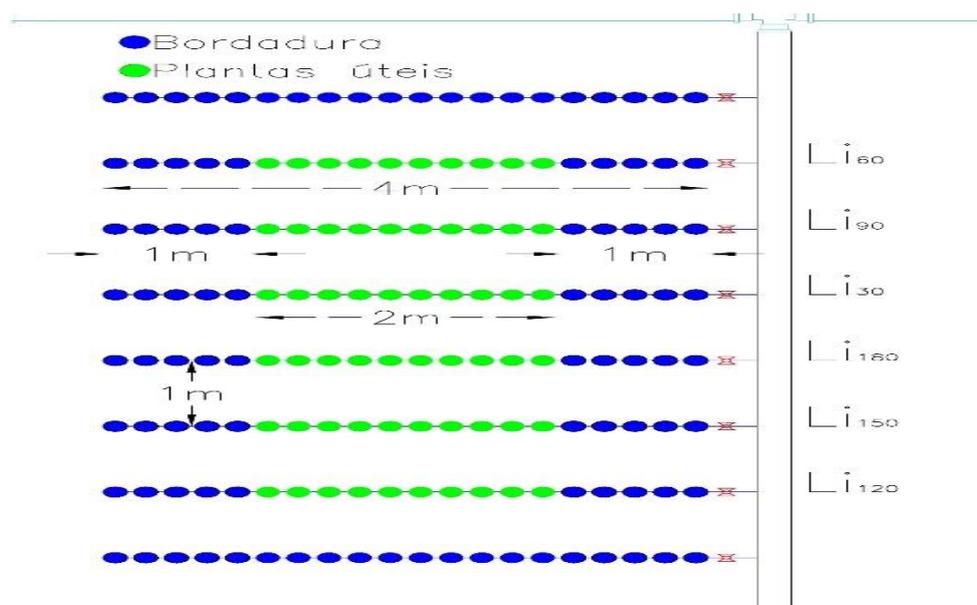


Figura 1. Layout de um bloco do experimento, detalhando os tratamentos distribuídos nas parcelas, as bordaduras e as plantas úteis, Fortaleza, Ceará, 2011-2012.

No 50 DAS ocorreu o início do pendoamento das plantas de milho, e quando as plantas atingiram 85 DAS foi realizada a colheita manual de forma aleatória das espigas, em um total de cinco espigas em cada parcela experimental. Em seguida, as mesmas foram postas para secar em estufa de ventilação forçada por três dias a 65° C. Aos 90 DAS, deu-se início a análise das variáveis produtivas da cultura, que consistiram em avaliar as características relacionadas à massa das espigas e dos grãos medidas com uma balança digital com capacidade de medir centésimos de grama, da seguinte maneira:

- Massa da espiga com palha (MECP): consistiu na medição da massa, tendo como base cinco espigas por parcela experimental, ainda com a palha que a recobria.

- Massa da espiga sem palha (MESP): após a medição da variável anterior, ocorreu à retirada da palha e as cinco espigas, agora sem as palhas que a recobriam, foram postas na balança para medição de sua massa, possibilitando calcular a massa por espiga.

- Massa de mil grãos (M1000): As cinco espigas foram debulhadas, e em sequência realizada uma amostra de mil grãos, que foram levados à balança para medir a massa.

- Produtividade de grãos (PROD): essa variável é uma estimativa, em quilogramas por hectare (kg ha^{-1}), da produtividade da cultura do milho com base na produção média das cinco espigas debulhadas, tendo em conta o espaçamento utilizado neste estudo (0,2 x 1,0 m)

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $p < 0,05$, utilizando-se o programa ASSISTAT.

7.7 Beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a massa da espiga com palha (MECP) nos dois anos de cultivo, houve um comportamento semelhante para esta variável, independente do ano, ajustando-se ao modelo polinomial quadrático (Figura 2).

Segundo a estimativa do modelo estatístico empregado, a variável MECP sofre incrementos em sua massa à medida em que se aumenta a quantidade de água aplicada à cultura. Quando considera-se apenas o cultivo realizado em 2011, estima-se um valor ótimo para a MECP de 138 g, se aplicada uma lâmina de 153,4% da evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Monteith (ET_{OPM}). Já para o cultivo realizado em 2012, o valor máximo estimado para essa variável, foi de 158 g, na ocasião da aplicação de uma lâmina ótima de 128,4% (ET_{OPM}).

Quando se observa os dois anos agrícolas (2011 – 2012), é possível perceber claramente que a lâmina de irrigação aplicada em 2011 foi cerca de 19,5% maior que a aplicada no cultivo em 2012, e este fato foi refletindo na MECP, cerca de 14% maior em 2012 em comparação a 2011. Esse fato é explicado por Magalhães e Durães (2006) ao afirmarem que o excesso de umidade abaixo da superfície do solo, causa redução no potencial produtivo da cultura e se persistindo, pode matar a planta em poucos dias.

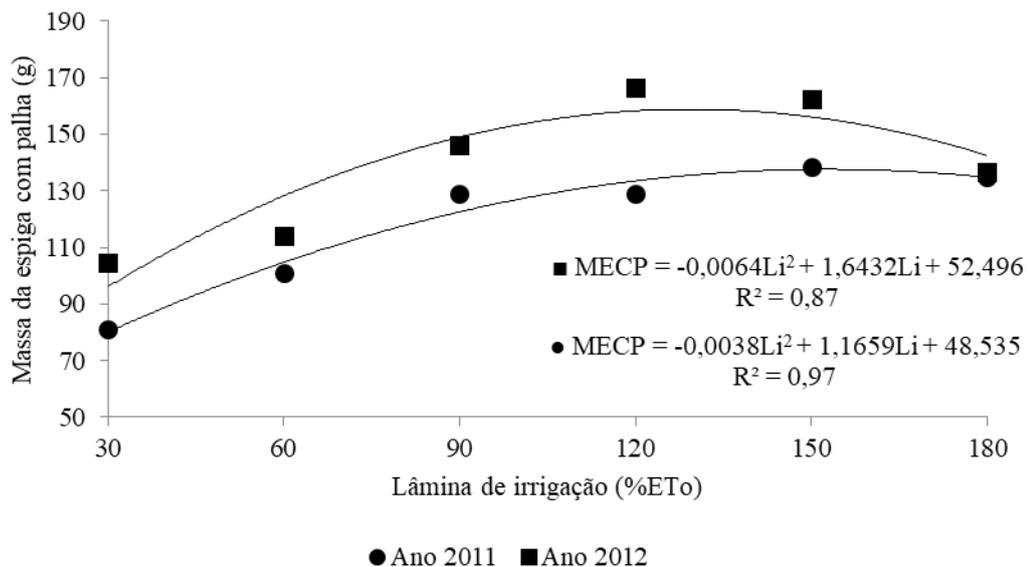


Figura 2. Massa da espiga com palha em função da lâmina de irrigação com base na ET_{OPM} , Fortaleza, Ceará, 2011 - 2012.

Adotou-se o modelo polinomial quadrático para a variável massa da espiga sem palha (MESP) em função da lâmina de irrigação nos dois anos de cultivo (Figura 3).

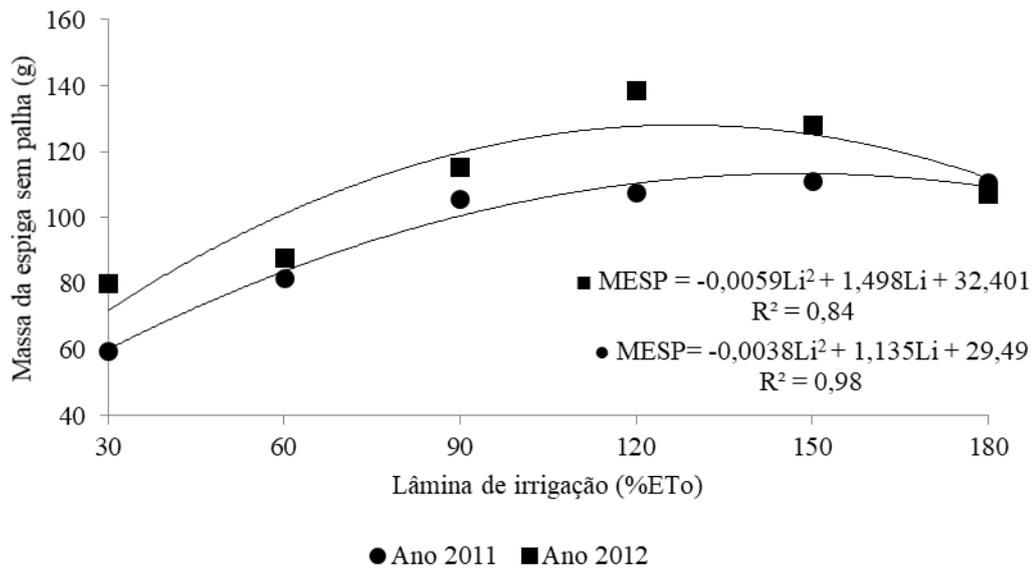


Figura 3. Massa da espiga de milho sem palha em função da lâmina de irrigação com base na ET_{OPM} , Fortaleza, Ceará, 2011 - 2012.

Observa-se que a massa média das espigas sem palha (MESP) no cultivo realizado em 2012 apresentou valores maiores. O modelo empregado sugere um aumento na massa média por espiga em função do fornecimento crescente de água a cultura até uma lâmina ótima estimada em 149,3% da ET_{OPM} , obtendo-se a estimativa de 114,2 g para a máxima MESP no cultivo de 2011. Para o cultivo em 2012 a lâmina ótima estimada foi de 126,9% da ET_{OPM} para uma máxima MESP estimada em 127,5 g. No comparativo entre os dois anos de cultivo, a lâmina aplicada em 2011 foi 17,7% maior que a aplicada no cultivo de 2012.

Apesar disso, essa água aplicada a mais não se traduziu em massa uma vez que o cultivo realizado em 2012 a massa das espigas possuía, cerca de 10% mais massa. Isso indica que volumes maiores de água aplicada na cultura não se refletiram, necessariamente, em ganhos produtivos, podendo estar diretamente relacionado à textura arenosa do solo que favorece o rápido escoamento da água no perfil do solo.

A variação da massa de 1000 grãos, nos dois anos de cultivo, pode ser observada na Figura 4. De acordo com a análise de regressão, e independente do período de cultivo, o modelo quadrático é o que melhor explica o comportamento dessa variável. O modelo sugere um crescente ganho na massa dos grãos quando se aumenta a lâminas de irrigação, atingindo uma M1000 máxima de 35,2 g se aplicada uma lâmina estimada de 138% da ET_{OPM} , para o cultivo em 2011 e 36,3 g se aplicada uma lâmina estimada de 114% da ET_{OPM} no cultivo de 2012. Este resultado apresenta uma diferença, entre o 1º e o 2º ciclo de apenas 3%, em relação a massa dos grãos, onde no 2º ciclo obteve-se grãos de maior massa, com uma economia de água, em torno de 17,4%.

Durães *et al.* (1993) relatam que a falta ou excesso de água afetam a síntese, acumulação, partição e translocação de produtos fotoassimilados e influenciam nos componentes de produção de grãos da cultura do milho, reduzindo assim seu potencial de produção.

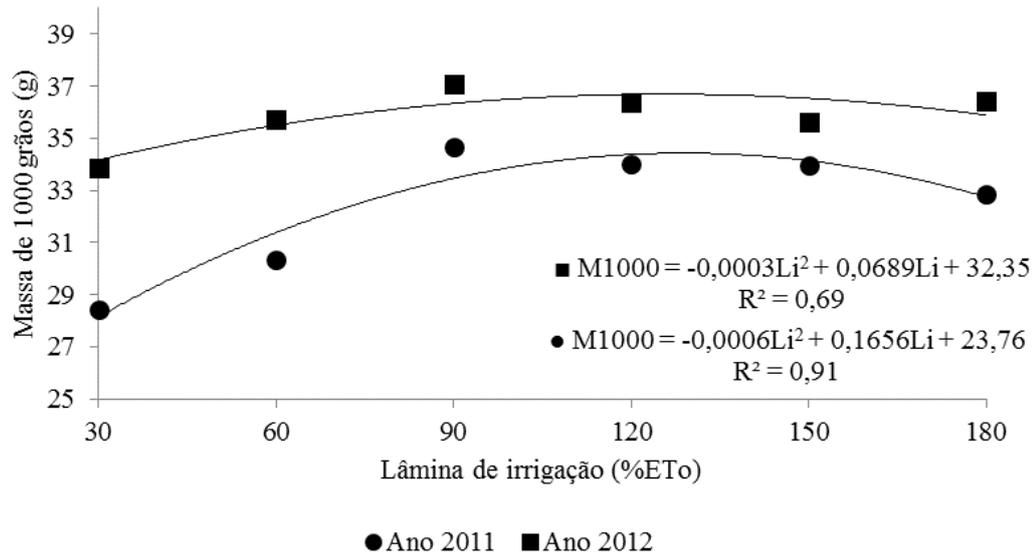


Figura 4. Massa de 1.000 grãos de milho em função da lâmina de irrigação com base na ET_{OPM} , Fortaleza, Ceará, 2011-2012.

Seriam esperadas respostas iguais da cultura, independente do ciclo produtivo, mas isso não foi o observado, onde o cultivo no ano de 2011 apresenta-se com resultados inferiores aos de 2012. Uma possível explicação para este fato, pode estar relacionado ao que foi relatado por Silva (1992), indicando que sucessivos métodos de preparo de solo levam a modificações no perfil, influenciando o crescimento radicular, que por sua vez afeta o desenvolvimento e a produção da planta. Pois, por mais que o preparo do solo tenha sido o mesmo, sempre há uma diferença de um ano para o outro. Além disso, como a lâmina de irrigação é dependente dos fatores climáticos (umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar, precipitação, entre outros), e estes não são iguais de um ano para outro, ocorre sempre uma variação.

Na Figura 5, nota-se uma tendência crescente na produtividade da cultura, à medida em que se aumenta a lâmina de irrigação aplicada ao cultivo. O modelo estatístico empregado estima uma produtividade máxima para o milho de $4.558,5 \text{ kg ha}^{-1}$ se aplicada a lâmina de irrigação ótima estimada em 143,9% da ET_{OPM} , quando se analisa o cultivo realizado em 2011. Para o cultivo realizado em 2012 verifica-se produtividade máxima de $4.704,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ao fornecer a lâmina estimada em 124,2% da ET_{OPM} . É importante destacar a tendência de

queda na produtividade após o emprego da lâmina ótima estimada, independente do ano de cultivo.

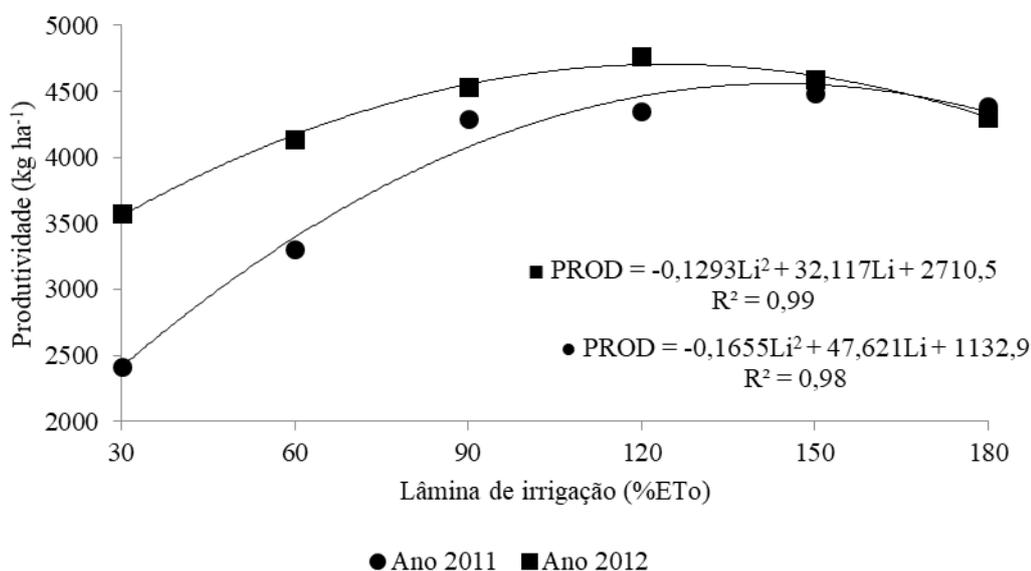


Figura 5. Produtividade da cultura do milho em função da lâmina de irrigação com base na ET_{0PM} , Fortaleza, Ceará, 2011-2012.

No comparativo entre os dois anos de cultivo, a lâmina ótima aplicada no cultivo em 2011 foi cerca de 13% maior que a aplicada em 2012, apesar disso, essa maior lâmina não se converteu em aumento de produtividade, uma vez que em 2011 a produtividade máxima foi cerca de 3,5% menor que a de 2012.

Assim, percebe-se que o comportamento de todas as variáveis analisadas foi semelhante, indicando que a produtividade da cultura, em grãos, está diretamente relacionada às demais, uma vez que, as lâminas de irrigação que maximizaram a MECP, a MESP e a M1000 seguem um mesmo padrão de proximidade dentro de cada ciclo produtivo.

De maneira geral, o milho expressou os menores potenciais de produção nos tratamentos com os menores níveis de irrigação, fato este diretamente relacionado às condições de déficit hídrico sofrido, já que as plantas se valem do mecanismo de fechamento dos estômatos, a fim de se protegerem das perdas de água por transpiração, acarretando uma redução na taxa fotossintética (TAIZ *et al.*, 2017).

O comportamento oposto também foi observado, já que as plantas responderam ao incremento das lâminas de irrigação até um determinado nível, e a partir desse valor tiveram um decréscimo nas variáveis analisadas, reduzindo seu potencial. Esse comportamento, em parte, pode ser explicado em função da textura do solo, pois apresenta um alto percentual de

areia grossa e fina e baixo percentual de argila (Tabela 1), assim o excesso de água pode ter lixiviado parte dos nutrientes.

Para Allen *et al.* (1998), lâminas d'água em excesso podem provocar perdas de água e lixiviação de nutrientes, por meio da percolação abaixo da zona das raízes. Pires, Soprano e Cassol (2002) afirmam que o excesso hídrico tem como consequência principal a diminuição da concentração de oxigênio no solo, dificultando a respiração radicular e acarretando vários problemas, dentre eles: drástica redução do processo ativo de absorção de nutrientes e ocorrência de respiração anaeróbia, tanto pela planta como os microrganismos do solo, causando acúmulo de substância tóxica na planta e no solo.

Em relação ao déficit, quantidades insuficientes de água favorecem a redução da reserva útil do solo, prejudicando as plantas, tanto no déficit quanto no excesso de água (ALLEN *et al.*, 1998).

CONCLUSÕES

As lâminas de irrigação influenciaram significativamente a massa da espiga com palha, a massa da espiga sem palha, a massa de mil sementes e a produtividade da cultura do milho variedade AG-1051. A lâmina de irrigação que maximizou a produtividade da cultura do milho foi estimada em 124% da evapotranspiração de referência calculada com a metodologia de Penman-Monteith no cultivo realizado no ano de 2012, correspondendo a um Kc de 1,24.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; PAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 328 p. 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARMINDO, R. A.; SOUZA, J. L. M.; SILVA, E. T.; CASTAGNOLLI, K. P.. Perfil radial, uniformidade e simulação de espaçamentos de aspersores que compõem sistemas de irrigação por aspersão convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, n.2, p.63-73, 2012.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7 ed. Atualizada e ampliada. Universidade Federal de Viçosa, UFV, 625p. 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6 Safra 2018/19 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-126, Setembro, 2019.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; FRANCELLI, A. L.; COSTA, J. D. Partição de fitomassa e limitação de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 4, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 90, 1993.

FARIAS, R. A.; SOARES, A. A.; SEDYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 46-50, 2000.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p. 1975.

MAGALÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 10 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76).

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. de M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1997. 183 p.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. adaptações morfofisiológicas da soja em solos inundados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002

RIBEIRO, S. S. Cultura do Milho no Brasil. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, n. 52, 2014.

SANTOS, J. R.; MAIA, A. G. F.; COSTA, A. F.; GODOY, M. S.; SILVA, R. I. R. Eficiência de métodos de controle na supressão da *Spodoptera frugiperda* (Smith) na cultura do milho. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, p. 7-13, v. 4, n. 1, 2018.

SILVA, J.G. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 180 f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER; E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6º edição, 2017. 857p.