



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Produção, clorofila e eficiência do uso da água em milho cultivado em solo de área degradada¹

Karla da Fonseca Silva², Francisco Mário Nascimento Menezes³, Maurilio Fernandes Oliveira⁴, Nilzema Lima da Silva⁵, Fernando Lisboa Guedes⁵, Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu⁵, Henrique Antunes de Souza⁵

¹Auxílio pesquisa FUNCAP. ²Graduanda em Irrigação e Drenagem; IFCE – Sobral, karla236fonseca@gmail.com. ³Mestrando em Zootecnia, UVA – Sobral, fmmenezes@gmail.com. ⁴Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, maurilio.oliveira@embrapa.br. ⁵Pesquisador, Embrapa Caprinos e Ovinos, nilzema.lima@embrapa.br, fernando.guedes@embrapa.br, roberto.pompeu@embrapa.br, henrique.souza@embrapa.br.

Artigo recebido em 09/09/2015 e aceito em 10/12/2015.

RESUMO

Objetivou-se avaliar cultivares de milho em função de níveis de lâminas de irrigação, cultivado em solo degradado coletado em Irauçuba-CE. O trabalho foi conduzido em pleno sol, em vasos com 12,5 dm³ de solo, que apresentava baixa fertilidade. As cultivares utilizadas foram ADR500, BRS1501, BRS1502, BRS1503 e IPABulk-1, com quatro níveis de irrigação: 100, 80, 60 e 40% em função da evapotranspiração da cultura (ET_c), que foi mensurado por tanque classe 'A'. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com três repetições. Até o 34º dia após a germinação das plantas, a quantidade de água aplicada foi equivalente a 100% da ET_c, e depois iniciou-se a implementação dos vários níveis de irrigação, as plantas foram avaliadas 14 dias após a aplicação das lâminas, cujas variáveis mensuradas foram massa de matéria seca, teor de clorofila e eficiência no uso da água, ainda procedeu-se o cálculo do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (K_Y). As variáveis massa seca de raiz, caule e total, e eficiência no uso da água apresentaram decréscimos com a diminuição da quantidade de água aplicada. Os valores de K_Y foram inferiores a um (1,0) para as cultivares ADR500, BRS1501, BRS1503 e IPABulk1 para lâmina de 80% da evapotranspiração da cultura. As cultivares BRS1503 e IPA-Bulk1 apresentaram maiores valores para massa seca total e eficiência no uso da água.

Palavras-chave: *Pennisetum americanum*, irrigação, fertilidade do solo, fisiologia vegetal, coeficiente de sensibilidade

Production, chlorophyll and water use efficiency in millet grown in area with soil degraded

ABSTRACT

The objective was to study millet cultivars due to irrigation levels, in degraded soil of Irauçuba, State of Ceará. The study was conducted in full sun, in pots with soil 12.5 dm³, which had low fertility. The cultivars used ADR500, BRS1501, BRS1502, BRS1503 and IPABulk-1, with four irrigation levels: 100, 80, 60 and 40% depending on the crop evapotranspiration (ET_c), which was measured by a tank class 'A'. Therefore, the design was completely randomized in a factorial design with three replications. Until the 34th day after germination of plants the amount of water applied was equivalent to 100% of ET_c, and after work began on the implementation of the various levels of irrigation, the plants were conducted for over 14 days, whose mass variables dry matter, content of chlorophyll and efficiency in water use were measured, still proceeded to calculate the sensitivity coefficients to water deficit (K_Y). The mass variables of dry root, stem and total efficiency of water use showed decreases with decreasing amount of water applied. The K_Y values were less than 1 for cultivars ADR500, BRS1501, BRS1503 and IPABulk1 to slide 80% of the crop evapotranspiration. The BRS1503 and IPA-Bulk1 cultivars showed higher values for total dry matter and efficiency in water use.

Key-words: *Pennisetum americanum*, irrigation, soil fertility, plant physiology, sensitivity factor

Introdução

O uso de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico é estratégia importante, principalmente em áreas degradadas de regiões semiáridas onde são observadas baixas precipitações, médias de 750 mm, e evapotranspiração em valores médios de 2.500mm (Montenegro e Montenegro, 2012) e também limitações edáficas, com solos de baixa fertilidade Menezes et al. (2012), prejudicando o desenvolvimento e crescimento das culturas agrícolas. Nesse contexto, as produções vegetal e animal ficam comprometidas, sendo necessárias intervenções, como o uso de fertilizantes, práticas de manejo de solo mais conservacionistas e uso de cultivares mais adaptadas a região semiárida.

A cultura do milho apresenta potencial de uso em áreas de baixa precipitação, sendo alternativa interessante para condições adversas, Pinho et al. (2013) demonstraram que o milho é planta que pode ser alternativa forrageira para regiões semiáridas, logo, é importante a avaliação do desempenho de cultivares mais eficientes no uso da água em áreas de baixo emprego de insumos.

Segundo Pereira Filho et al. (2003), o milho é uma gramínea anual que tem tido nos últimos tempos um aumento da área plantada, sobretudo nas regiões de Cerrado, pelo seu potencial de cobertura do solo para a prática do plantio direto. A cultura também apresenta potencial de uso como forrageiro na pecuária de corte ou de leite, ainda que para ambas as finalidades, há necessidade de um manejo cultural diferenciado e adequado (Buso et al., 2011).

Conforme Pereira Filho et al. (2003), no setor agropecuário, alguns estados das regiões Sul e Nordeste do Brasil têm utilizado o milho como planta forrageira para alimentação animal. No Sul, devido às condições chuvosas, ele ainda é empregado para pastoreio. Os grãos do milho são basicamente utilizados para produção de ração animal, principalmente pelo seu alto valor proteico, superior ao do sorgo e do milho.

Em algumas regiões do país, o uso de cobertura morta no período da entressafra é opção interessante, pois há a incorporação dos nutrientes ao solo e proteção da camada superficial. Dentre as espécies utilizadas, merece destaque o milho, espécie que apresenta alta produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes, principalmente o potássio (Boer et al., 2007; Torres e Pereira, 2008).

Torres e Pereira (2008), em trabalho avaliando plantas de cobertura, concluíram que o milho apresentou conjunto de atributos

(acúmulo de potássio e tempo de meia vida) mais favorável para este fim. Com relação a propriedades físicas do solo, Silva et al. (2009) verificaram que o uso de milho como planta de cobertura proporcionou aumento da microporosidade do solo.

Pompeu et al. (2014) verificaram que o cultivo de plantas como girassol, sorgo e milho são alternativas interessantes e de menores custos para produção de volumoso em condições semiáridas.

Assim, a planta de milho, por apresentar finalidades variadas como cobertura do solo, ciclagem de nutrientes e volumoso para alimentação animal, torna-se estratégica por possuir menor demanda hídrica quando em comparação com outras gramíneas anuais e possibilidade de emprego em solos marginais (Pereira Filho et al., 2003).

Segundo Ribeiro et al. (2009), áreas em processo de desertificação apresentam solos rasos e/ou erodidos sem capacidade de retenção de água, assim, o uso de plantas eficientes na conversão de massa por unidade de água aplicada e adaptadas a condições edáficas desfavoráveis é preponderante.

Neste sentido, Barros Júnior et al. (2008) verificaram a eficiência do uso da água de duas cultivares de mamoneira, sendo possível indicar ambas para emprego em condições de baixa precipitação. Para culturas como figueira (Silva et al., 2014a); pimentão (Coelho et al., 2013); beterraba (Silva et al., 2013); rúcula (Bonfim-Silva et al., 2011); amendoim (Correia et al., 2005); batata-doce (Mantovani et al., 2013) e gramíneas forrageiras (Silva et al., 2006) há exemplos de estudos que avaliam a eficiência do uso da água ou os efeitos do estresse hídrico em diferentes cultivares associados à produção de fitomassa ou a relações fisiológicas.

Com relação a perda de água por cultivos, quando se mencionam as modificações verificadas nas plantas por estresse hídrico incluem diferenças nas arquiteturas e anatomias foliares, coeficientes de reflexão, estágio de desenvolvimento, altura do dossel e profundidade do sistema radicular. Este último interfere no volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, no volume de água disponível para as culturas. Raízes superficiais, por explorarem um volume de solo menor, podem proporcionar suscetibilidade para a cultura em períodos de estiagem (Souza et al., 2009).

Os efeitos deletérios do estresse hídrico envolvem um complexo conjunto de fatores, como as relações entre cultura, clima, água e solo.

Neste sentido, Doorenbos e Kassam (1994) propõem metodologia que objetiva solucionar esta problemática, mediante o emprego de informações mínimas para integrar de forma sintetizada os processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos que regem a relação entre os rendimentos da cultura e o uso da água. O efeito da falta de água disponível no solo sobre o decréscimo da produtividade potencial, ocorrida durante o ciclo da cultura, é quantificado mediante a determinação do coeficiente K_Y , que é considerado uma medida da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico.

Segundo Silva et al. (2014b) determinar dados de K_Y para culturas e cultivares se faz preeminente em função das diferentes condições de solo e clima, no intuito de alcançar e dar suporte a otimização matemática do planejamento da atividade agrícola.

Em ampla revisão sobre o déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, Santos e Carlesso (1998) citam que é necessário direcionar um entendimento mais completo para as respostas das plantas ao déficit hídrico em um programa multidisciplinar que aborde os elementos de meteorologia, solos, fitotecnia e fisiologia das plantas, de forma a contribuir para uma solução comum no entendimento da resposta das plantas ao déficit hídrico.

Conforme os mesmos autores, o suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, sendo que as influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura estará combinada entre estes três segmentos. Logo, exemplificando, à medida que o solo diminui a disponibilidade de água (seca), torna-se mais difícil (oneroso em termos energéticos) às plantas absorverem, pois aumenta a força de retenção e diminui a sua disponibilidade no solo às plantas. No entanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera.

Ressalta-se que trabalhos avaliando a eficiência de cultivares ou espécies para uso da água ou nutrientes, sempre consideram como limitante o estresse hídrico ou deficiência nutricional, deixando o outro em condições satisfatórias. Para regiões semiáridas, as limitações podem ser concomitantes, como a hídrica e a edáfica (baixa fertilidade), assim, a avaliação de plantas em condições de estresses

abióticos conjuntos se torna estratégia interessante. Neste trabalho, objetivou-se avaliar cultivares de milho em função de níveis de lâminas de irrigação, cultivado em solo degradado coletado em Irauçuba-CE.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos em Sobral-CE, a 3° 41'S e 40° 20'W. O clima da região é do tipo BShw, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média de 759 mm por ano

O solo utilizado foi coletado em propriedade rural em Irauçuba-CE, região em processo de desertificação, na camada 0-0,2 m. O solo apresentava baixa/ausência cobertura vegetal e baixa fertilidade, com as seguintes características químicas: pH 5,4; 5 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 10 mg kg⁻¹ de fósforo (Melich); 70 mmol_c dm⁻³ de potássio; 10 mmol_c dm⁻³ de cálcio; 6 mmol_c dm⁻³ de magnésio; 28 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial; 3 mmol_c dm⁻³ de alumínio; 0,2 mg dm⁻³ de cobre; 50 mg dm⁻³ de ferro; 0,7 mg dm⁻³ de zinco; 10,7 mg dm⁻³ de manganês e 0,27 mg dm⁻³ de boro. O solo em questão apresenta textura arenosa e os atributos baixo para P, Ca e M.O. e médio para K e Mg, segundo Fernandes (1993).

A irrigação dos vasos foi realizada com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), sendo a evapotranspiração de referência obtida por um tanque classe 'A' do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizado na Embrapa Caprinos e Ovinos. Os cálculos das lâminas foram procedidos conforme Medeiros et al. (2013), Salomão et al. (2009), Souza et al. (2009) e do kc, conforme Albuquerque (2010). Utilizou-se kc igual a 0,3 do plantio até os seis primeiros dias, cujo estágio fenológico era E0, coleóptilo visível (Maiti e Bidinger, 1981), após a germinação, e em diante procedeu-se o uso do kc igual 1,0.

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo cinco cultivares de milho (ADR500; BRS1501; BRS1502; BRS1503 e IPABulk-1) e quatro lâminas de irrigação (100, 80, 60 e 40% da água evapotranspirada), com três repetições, um vaso por parcela com duas plantas. Os vasos, com capacidade de 15 dm³, foram distribuídos em bancadas de 1,0 m de altura dispostas a pleno sol no período de outubro a dezembro de 2014, e preenchidos com 12,5 dm³ de solo.

Foram semeadas dez sementes por vaso, sendo que cinco dias após a germinação foi

realizado o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. No plantio realizou-se irrigação deixando o solo com 65% da capacidade de retenção de água. Considerando o resultado da análise de solo, no sulco de plantio foi aplicado fósforo, em dose equivalente a 40 kg ha⁻¹ (fonte superfosfato simples), e trinta dias após a germinação foi aplicada adubação nitrogenada na quantidade de 50 kg ha⁻¹ (fonte uréia).

Até o 34º dia após a germinação das plantas (estádio fenológico E4 – folha bandeira visível/E5 – panícula visível, conforme Maiti e Bidinger (1981)), a quantidade de água aplicada foi equivalente a 100% da ETc e, após, iniciou-se a aplicação das diferentes lâminas, durante 14 dias (estádio fenológico E5 – panícula visível/E6 – 50% dos estigmas emergidos, segundo Maiti e Bidinger (1981)).

As variáveis mensuradas foram massa seca das folhas (MS folhas), colmo (incluindo inflorescências quando presentes) (MS colmo), raízes (MS raiz), material morto (MS mat. morto), massa seca total (incluindo folha, colmo e raízes) (MS total) e a relação da massa seca da parte aérea (MS folhas e MS colmo) e massa seca de raiz (MS raiz). Calculou-se a eficiência de uso da água (EUA) pela relação entre MS total e quantidade de água aplicada no período, calculou-se a lâmina aplicada em função da ETc

Ainda, procedeu-se nas folhas recém expandidas (+2 e +3) a análise de clorofila, sendo determinado o fracionamento em clorofila *a*, *b* e *total*. Para extração da clorofila, segundo a metodologia descrita por Linder (1974), todos os procedimentos foram realizados na ausência de luz, a partir de 1 g de folha.

Para o cálculo dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do milho (K_Y) foi utilizada a equação descrita por Doorenbos e Kassam (1994), que quantifica a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração.

De posse dos dados procedeu-se teste F e, quando significativo, utilizou-se teste de médias (Scott-Knott, 5%) para cultivares de milho e análise de regressão para lâminas. Na avaliação do fator K_Y , procedeu-se o emprego do teste de médias para lâminas, em virtude do uso da lâmina padrão (100%) ser empregada nos cálculos. As análises foram realizadas com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

No ensaio realizado, no qual foram aplicados diferentes níveis de lâminas de irrigação em plantas de milho cultivadas em vasos, para o

fator cultivar, houve significância para MS raiz, MS total, relação MS parte aérea e MS raiz, EUA e para teores de clorofila *b* e *total*. Para MS raiz sobressaiu-se a cultivar IPA-Bulk1 e para MS total e EUA, os materiais IPA-Bulk1 e BRS1503 (Tabela 1). Para relação MS parte aérea e MS raiz, os maiores valores foram obtidos para as cultivares BRS em detrimento das demais (Tabela 1). Para as variáveis clorofila *b* e *total*, os maiores teores foram verificados para as cultivares BRS1501 e BRS1502 (Tabela 1). Verificou-se para o fator lâminas significância para MS colmo, MS raiz, MS total; relação MS da parte aérea e raiz e EUA e para a interação houve efeito significativo para MS folha e teores de clorofila *a*, *b* e *total*.

Os resultados do fator lâminas estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 para MS colmo, MS raiz, MS total, relação da MS parte aérea e MS raiz e EUA, respectivamente. O comportamento verificado foi similar para MS colmo, MS raiz, MS total e EUA em função das lâminas de irrigação (Figuras 1, 2, 3 e 5), sendo que na medida em que se diminuíram as quantidades aplicadas, houve queda nos valores destas variáveis. Para a relação MS parte aérea e MS raiz, o melhor modelo de resposta foi o quadrático (Figura 4).

O resultado apresentado na Figura 4 aponta que o maior valor para a relação da massa seca de parte aérea por massa seca de raiz esteve associado à lâmina de 82% da ETc, o que indica que menores quantidades de água podem ser aplicadas para manejo da cultura do milho. Ainda, o comportamento observado pode ser explicado como diminuição constante, tanto da massa seca de colmo (Figura 1), quanto da massa seca de raiz (Figura 2). Justificativa para os resultados apresentados pode residir na redução da área foliar que é a primeira linha de defesa contra o estresse hídrico (Taiz e Zeiger, 2009), apesar desta variável não ter sido mensurada no presente estudo.

Para o desdobramento da interação, cultivares dentro de cada lâmina, para massa de matéria seca de folha houve significância para as lâminas de 40 e 60% da evapotranspiração do milho, sendo que para a menor lâmina (40%) a cultivar ADR500 apresentou a menor massa em comparação com as demais e para a lâmina de 60% se sobressaíram as cultivares BRS1503 e IPA-Bulk1 (Tabela 2).

Tabela 1. Médias, teste F e coeficiente de variação de cultivares e lâminas de irrigação para massa de matéria seca de folha (MS folha), colmo + inflorescência (MS colmo), material morto (MS mat. morto), raiz (MS raiz) e total (MS total), relação massa seca de parte aérea e raiz (Rel. PA/R), eficiência de uso da água (EUA) e teores de clorofila *a* (Clor. *a*), *b* (Clor. *b*) e total (Clor. total).

Cultivares (C)	MS folha	MS colmo	MS mat. morto	MS raiz	MS total	Rel. PA/R	EUA	Clor. <i>a</i>	Clor. <i>b</i>	Clor. total
	----- g planta ⁻¹ -----						g vaso ⁻¹ mm ⁻¹	- mg g ⁻¹ massa fresca -		
ADR500	5,46a	14,31a	1,16a	18,45b	39,39c	1,13b	1,40b	0,59a	0,19b	0,80b
BRS1501	5,98a	18,11a	1,34a	17,85b	43,29b	1,43a	1,55b	0,89a	0,29a	1,21a
BRS1502	6,48a	16,59a	1,59a	18,86b	43,54b	1,30a	1,56b	0,78a	0,25a	1,06a
BRS1503	7,25a	18,63a	1,31a	19,16b	46,35a	1,43a	1,67a	0,73a	0,23b	0,99b
IPA-Bulk1	6,59a	16,71a	1,62a	22,77a	47,70a	1,14b	1,70a	0,73a	0,23b	0,98b
Teste F	2,15 ^{ns}	2,04 ^{ns}	2,45 ^{ns}	5,92 ^{**}	5,37 ^{**}	3,09 [*]	3,36 [*]	3,43 ^{ns}	4,58 ^{**}	3,77 ^{**}
Lâminas (L), %										
40	5,24	10,01	1,24	16,48	32,98	1,00	1,23	0,66	0,22	0,91
60	6,16	15,95	1,41	18,82	42,35	1,29	1,53	0,76	0,25	1,03
80	7,02	19,60	1,52	19,50	47,65	1,48	1,70	0,78	0,24	1,04
100	6,98	21,92	1,44	22,88	53,24	1,37	1,84	0,78	0,24	1,06
Teste F	4,14 ^{ns}	24,48 ^{**}	1,14 ^{ns}	13,80 ^{**}	48,47 ^{**}	7,71 ^{**}	21,40 ^{**}	1,26 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,96 ^{ns}
C x L	2,77 ^{**}	1,08 ^{ns}	1,15 ^{ns}	2,25 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,53 ^{ns}	2,19 [*]	2,42 [*]	2,25 [*]
CV (%)	25,1	24,1	31,1	14,2	10,9	22,1	14,0	27,3	22,4	25,9

^{ns}, * e ** - Não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente. ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Significativo a 1%.

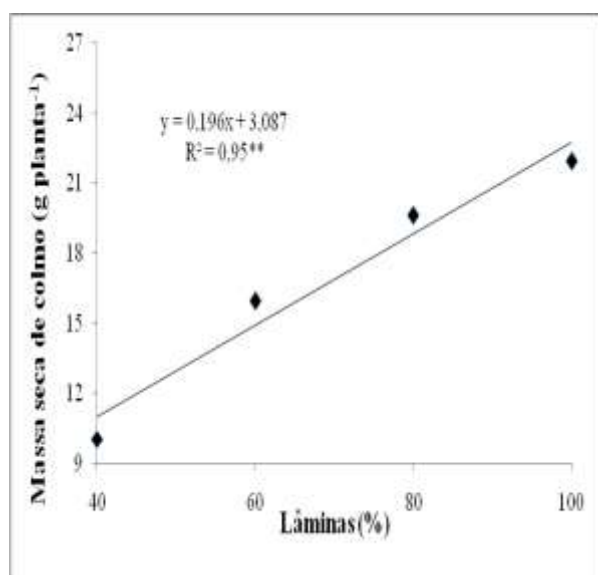


Figura 1. Massa seca de colmo em função de lâminas de irrigação em plantas de milho. ** -

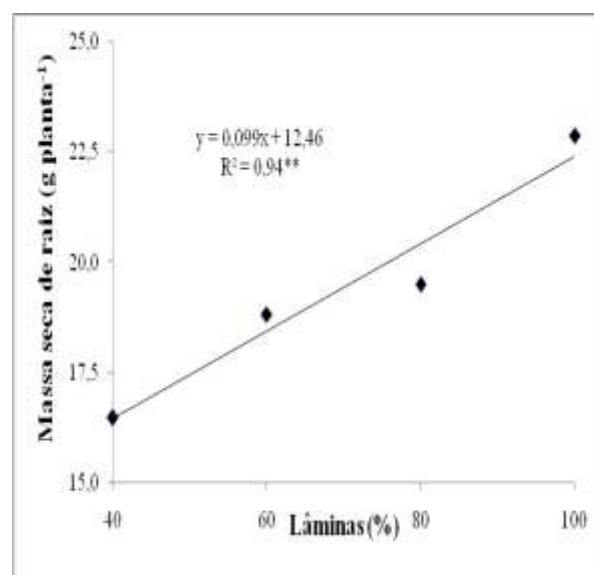


Figura 2. Massa seca de raiz em função de lâminas de irrigação em plantas de milho. ** -

Significativo a 1%.

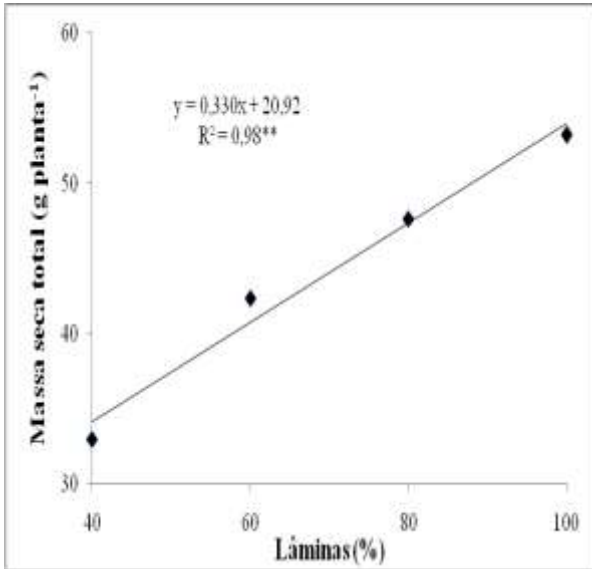


Figura 3. Massa seca total em função de lâminas de irrigação em plantas de milho. ** - Significativo a 1%.

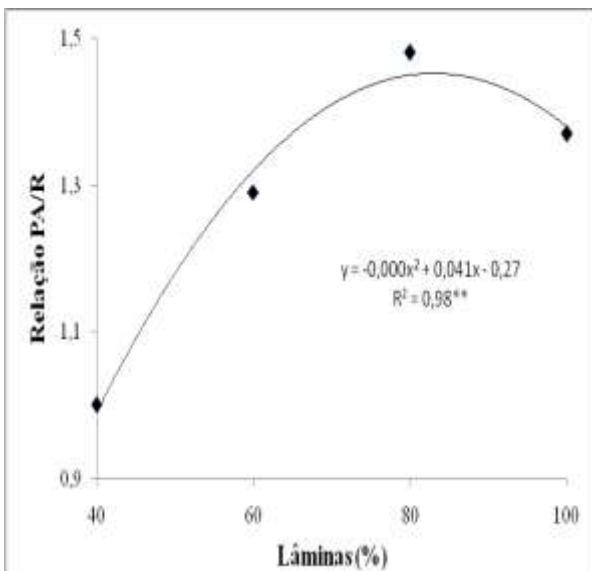


Figura 4. Relação massa seca da parte aérea (PA) e massa seca de raiz (R) em função de lâminas de irrigação em plantas de milho. ** - Significativo a 1%.

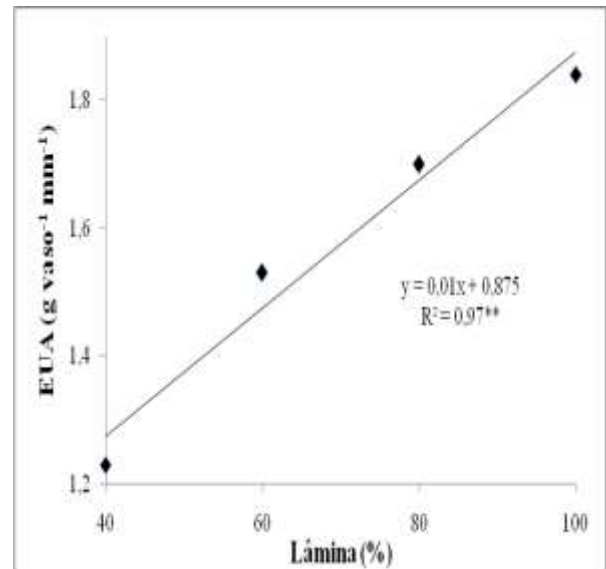


Figura 5. Eficiência no uso da água em função de lâminas de irrigação em plantas de milho. ** - Significativo a 1%.

Para os teores de clorofila *a*, *b* e *total* houve significância para as lâminas de 60 e 80% da ETC, sendo para que para a lâmina de 60% as cultivares que apresentaram maiores teores de clorofila *a*, *b* e *total* foram BRS1501 e BRS1502, e para a lâmina de 80%, a cultivar BRS1501 (Tabela 2).

Quando se analisou o desdobramento da interação para lâminas dentro de cada cultivar, verificou-se significância apenas para os materiais ADR500 e BRS1502, sendo que para o primeiro houve aumento da MS folha conforme o aumento na quantidade de água aplicada e, para o segundo, o valor máximo de MS folha foi obtido com a lâmina de 86% da evapotranspiração da cultura (Figura 6). O resultado obtido para a cultivar BRS1502 indica uma economia de água para obtenção da maior massa de folha, o que é interessante para condições de estresse hídrico.

Tabela 2. Médias de massa de matéria seca de folha (MS folha) e de teores de clorofila *a*, *b* e *total* de cultivares de milho, em função de lâminas de irrigação de 40, 60, 80 e 100%.

Lâminas (%)	ADR500	BRS1501	BRS1502	BRS1503	IPA-Bulk1
MS folha ----- g planta ⁻¹ -----					
40	2,56b	6,26a	5,36a	6,26a	5,76a
60	5,53b	3,53b	5,80b	7,86a	8,10a
80	6,00a	7,03a	9,20a	7,60a	5,28a
100	7,76a	7,06a	5,56a	7,30a	7,23a
Clor. <i>a</i> ----- mg g ⁻¹ massa fresca -----					
40	0,58a	0,62a	0,54a	0,77a	0,76a
60	0,52b	0,93a	1,08a	0,74b	0,51b
80	0,67b	1,14a	0,63b	0,60b	0,83b
100	0,57a	0,86a	0,86a	0,82a	0,82a
Clor. <i>b</i> ----- mg g ⁻¹ massa fresca -----					
40	0,19a	0,22a	0,19a	0,26a	0,26a
60	0,18b	0,30a	0,33a	0,23b	0,19b
80	0,22b	0,36a	0,20b	0,18b	0,23b
100	0,18a	0,27a	0,28a	0,25a	0,24a
Clor. <i>total</i> ----- mg g ⁻¹ massa fresca -----					
40	0,80a	0,88a	0,76a	1,06a	1,04a
60	0,72b	1,27a	1,46a	1,00b	0,71b
80	0,92b	1,54a	0,85b	0,80b	1,09b
100	0,77a	1,16a	1,17a	1,09a	1,07a

¹Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

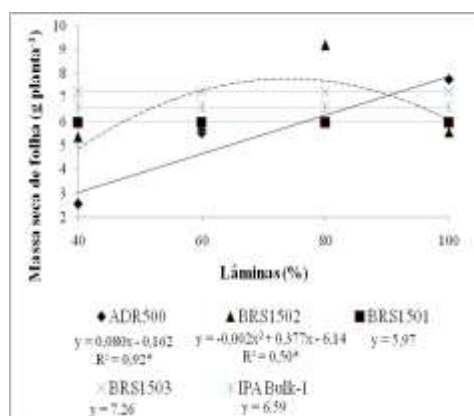


Figura 6. Massa seca de folhas dos cultivares de milho analisados em função das lâminas de irrigação. *Significativo a 5%.

Tabela 3. Médias, teste F, coeficiente de variação de cultivares e parâmetros do fator de sensibilidade K_Y , de cultivares de milho e lâminas de irrigação e o desdobramento da interação.

Cultivares (C)	K_Y	Y_{CDH}/Y_{SDH}	$[(1-(Y_{CDH}/Y_{SDH}))]$	$\frac{ET_{CDH}}{ET_{SDH}}$	$[1-(\frac{ET_{CDH}}{ET_{SDH}})]$
		g vaso ⁻¹		mm período ⁻¹	
ADR500	1,62a	0,750	0,250	0,867	0,133
BRS1501	1,61a	0,756	0,244	0,867	0,133
BRS1502	1,72a	0,799	0,201	0,867	0,133
BRS1503	1,42a	0,741	0,259	0,867	0,133
IPA-Bulk1	1,33a	0,812	0,188	0,867	0,133
Teste F	1,06 ^{ns}	-	-	-	-
Lâminas (L), %					
40	1,98a	0,9004	0,0996	0,9337	0,0663
60	1,76a	0,7940	0,2060	0,8674	0,1326
80	0,87b	0,6200	0,3800	0,8011	0,1989
Teste F	23,91**	-	-	-	-
C x L	2,48*	-	-	-	-
CV (%)	30,5	-	-	-	-
K_Y	ADR500	BRS1501	BRS1502	BRS1503	IPA-Bulk1
40	2,01aA ¹	1,92aA	2,28aA	1,59aA	2,13aA
60	2,32aA	2,02aA	1,61bA	1,96aA	0,91bB
80	0,52bA	0,87bA	1,29bA	0,70bA	0,94bA

^{ns}, * e ** - Não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente. ¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Para o desdobramento das lâminas dentro das cultivares de milho, verificou-se significância nos teores de clorofila *a* (Figura 7), *b* (Figura 8) e *total* (Figura 9) para as cultivares BRS1501 e BRS1502, cujo melhor modelo de resposta foi o quadrático em todos os casos. Ainda, as cultivares ADR 500, BRS1503 e IPA-Bulk-1 não apresentaram diferença para o fracionamento da clorofila em função das diferentes lâminas, logo este comportamento diferente entre as cultivares poderia estar relacionado com a adaptação homeostática de cada material para esta variável (Bruzi et al., 2007).

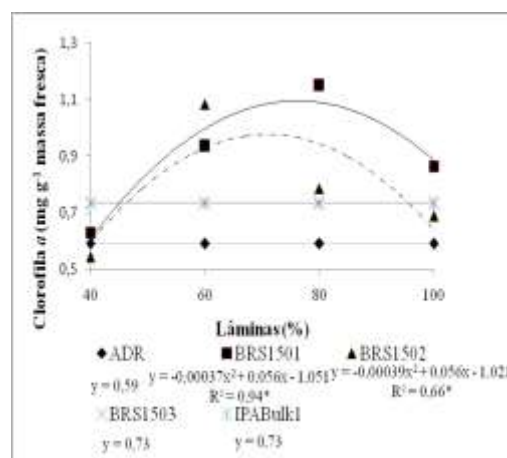


Figura 7. Variação do teor de clorofila *a* nas cultivares de milho em função das lâminas de irrigação. *Significativo a 5%.

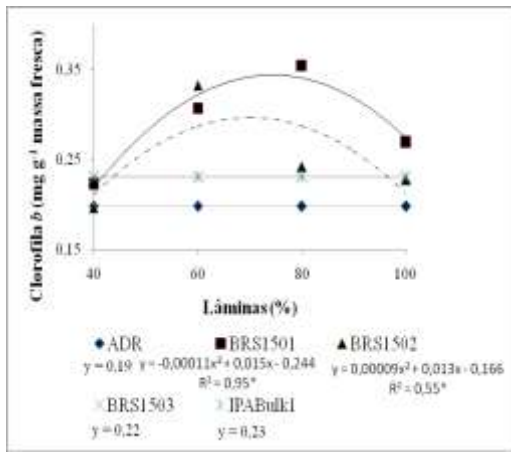


Figura 8. Variação do teor de clorofila *b* nas cultivares de milho em função das lâminas de irrigação. *Significativo a 5%.

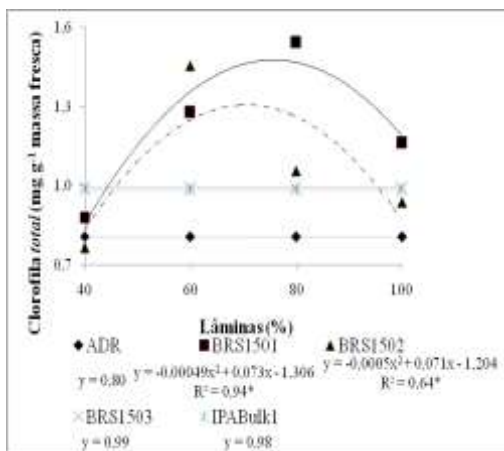


Figura 9. Variação do teor de clorofila *total* nas cultivares de milho em função das lâminas de irrigação. *Significativo a 5%.

A taxa de fotossíntese não é mais sensível ao estresse hídrico que à área foliar, no entanto, este estresse abiótico afeta a fotossíntese foliar e a condutância estomática, à medida em que os estômatos fecham durante os estádios iniciais do estresse hídrico (Taiz e Zeiger, 2009).

Com relação ao fator de sensibilidade (K_Y) verificou-se que houve significância para lâminas e para a interação, sendo que à medida em que a quantidade de água aplicada diminui, aumenta-se K_Y (Tabela 3). Conforme Doorenbos e Kassam (1994) quanto maior o valor de K_Y , maiores são as perdas no rendimento da cultura em condições de déficit hídrico; ainda considera-se que um K_Y inferior a 1,0 significa baixa sensibilidade da cultura ao déficit hídrico. Assim, observa-se que apenas a aplicação de lâmina de 80% da evapotranspiração da cultura não limitou o desenvolvimento das cultivares testadas, valor de K_Y igual a 0,87 (Tabela 3).

Para as cultivares ADR500, BRS1501 e

BRS1503 não houve diferença significativa nos valores de K_Y entre as lâminas de 40 e 60%, porém há significância para a lâmina de 80% (Tabela 3), evidenciando que a aplicação de lâminas inferiores a este valor torna estas cultivares mais sensíveis ($K_Y > 1,0$). Para a cultivar BRS1502, houve superioridade do valor K_Y para a lâmina de 40% em detrimento das demais, no entanto, os valores verificados são superiores a 1,0; indicando sensibilidade ao déficit hídrico mesmo com a aplicação de uma lâmina de 80%. Com relação à cultivar IPA-Bulk1 a lâmina de 40% foi superior às demais, no entanto, observa-se que os níveis de 60 e 80% apresentaram valores de K_Y inferiores a 1,0 e que não diferem estatisticamente; assim, mesmo em condição de déficit hídrico, pela aplicação da lâmina equivalente a 60% da evapotranspiração da cultura (Tabela 3). Entre as lâminas houve diferença apenas para o nível de 60% da evapotranspiração, cujo menor valor foi observado para a cultivar IPA-Bulk1 (Tabela 3).

Silva et al. (2014b) verificaram que valores de K_Y divergem em função das especificidades de clima, solo, genótipo e divisão fenológica.

Doorenbos e Kassam (1994) sugerem que valores de K_Y inferiores a 1,0 denotam que a cultura ou o estágio fenológico considerado pode ser resistente à deficiência hídrica, de tal forma que os decréscimos dos rendimentos são relativamente inferiores à restrição relativa de água na qual a cultura foi submetida. No presente ensaio, ressalta-se que o momento de avaliação das plantas situava-se no estágio fenológico E5 – panícula visível/E6 – 50% dos estigmas emergidos, segundo Maiti e Bidinger (1981). No entanto, quando os valores de K_Y são superiores a 1,0; infere-se que a cultura ou o estágio fenológico em análise demonstra vulnerabilidade aos efeitos da escassez hídrica, uma vez que as reduções de rendimentos se mostram relativamente superiores à restrição relativa de água na qual a cultura foi submetida (Doorenbos e Kassam, 1994). Ainda, quando os valores de K_Y se igualam a 1,0; considera-se que a situação é intermediária, pois os decréscimos dos rendimentos são equivalentes às restrições relativas de água nas quais a cultura foi exposta durante a temporada total, ou estágio específico de desenvolvimento.

Conforme os mesmos autores, os coeficientes de sensibilidade (K_Y) podem apresentar as seguintes faixas de interpretação: baixa sensibilidade ($K_Y < 0,85$); de baixa/média sensibilidade ($0,85 < K_Y < 1,00$); de média/alta sensibilidade ($1,00 < K_Y < 1,15$) e de alta

sensibilidade ($K_Y > 1,15$). Assim, segundo os dados da Tabela 3, para a lâmina de 80% da evapotranspiração da cultura, as cultivares ADR500 e BRS1503 apresentaram valores na classificação baixa sensibilidade; as cultivares BRS1501 e IPABulk1 na classificação baixa/média sensibilidade e a cultivar BRS1502 na classificação alta sensibilidade. Para a lâmina de 60% as classificações foram de alta sensibilidade, exceto para IPABulk1 que apresentou baixa/média sensibilidade. Na lâmina de 40%, todas as cultivares apresentaram alta sensibilidade.

Com os resultados apresentados na Tabela 3, relacionando a produção relativa com a evapotranspiração relativa obteve-se um valor de correlação (r) igual a 0,71 e significativo a 1% de probabilidade. Logo, pode-se inferir que a queda da produção foi explicada pela diminuição da lâmina aplicada em 52% ($y = 2,114x - 0,051$; $R^2 = 0,52$).

Santos e Carlesso (1998) citam que quando a ocorrência do déficit hídrico é rápida, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados e a planta necessita adaptar-se à nova situação, de forma rápida. Assim, plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menos resistência a situações de déficit hídrico no solo; em situações que as plantas são submetidas ao déficit hídrico gradual ou a deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas; ainda, a tolerância da planta ao déficit hídrico parece favorecer a manutenção do processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas.

Segundo os dados apresentados, a cultivar ADR500 apresenta precocidade e não difere em relação as lâminas no que concerne aos teores de clorofila; as cultivares BRS1503 e IPABulk-1 apresentaram maiores valores de massa seca total e eficiência no uso da água, no entanto, não foram observadas diferenças nos teores de clorofila para estas plantas; a cultivar BRS1501 também apresentou precocidade, que juntamente com a BRS1502 não apresentaram maiores eficiências no uso da água ou massa seca total. No entanto, apresentaram diferenças para os teores de clorofila em função das lâminas, permitindo a inferência que a maquinaria fotossintética foi sensível em termos de estresse hídrico para estas cultivares. Conforme relatado por Taiz e Zeiger (2009), a fotossíntese é menos sensível a um decréscimo na turgidez que a expansão foliar. Logo, o uso da avaliação do teor de clorofila pode não indicar um

efeito do estresse hídrico, pois as cultivares responderam de maneira diferenciada.

Adicionalmente, mensurou-se e quantificou-se o florescimento das cultivares trabalhadas. As plantas que apresentaram maiores porcentagens de florescimento em ordem decrescente durante a experimentação foram: BRS1501 (62,5%), ADR500 (50%), BRS1503 (46%), BRS1502 (38%) e IPABulk1(25%). No entanto, estes resultados não necessariamente estão relacionados a possíveis efeitos do déficit hídrico, pois podem indicar um ciclo menor inerente a cultura ou alguma limitação de ordem edáfica, ainda este tipo de informação é oportuna para auxiliar no manejo das cultivares como cobertura do solo ou produção de volumoso para alimentação animal. Ressalta-se que as cultivares BRS1501 e ADR500, ambas com apenas 29 dias, após a germinação apresentaram formação da panícula (florescimento), permitindo a inferência que ambas são precoces. Pires et al. (2007) verificaram que a cultivar ADR500 apresenta boa produção de massa para uso como cobertura do solo. Para a cultivar BRS1501, Geraldo et al. (2002) também observaram precocidade de emissão do pendão desta em avaliação de cultivares de milho.

Conclusões

1. As variáveis massa de matéria seca de raiz, colmo e total e a eficiência do uso da água em plantas de milho apresentaram decréscimos com a diminuição da quantidade de água aplicada.
2. As cultivares de milho BRS1503 e IPA-Bulk1 apresentaram maiores valores para massa de matéria seca total e eficiência no uso da água.
3. Os teores de clorofila variaram em função das lâminas aplicadas e cultivares de milho.
4. Os valores de K_Y foram inferiores a 1,0 (um) para as cultivares ADR500, BRS1501, BRS1503, IPABulk1 para lâmina de 80% da evapotranspiração da cultura.

Agradecimentos

À Embrapa Caprinos e Ovinos pelo apoio na condução do ensaio e à FUNCAP pelo auxílio pesquisa. À Embrapa Milho e Sorgo pelas sementes utilizadas no ensaio.

Referências

- Albuquerque, P.E.P., 2010. Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo. Embrapa Milho e

- Sorgo, Sete Lagoas. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 136).
- Barros Júnior, G., Guerra, H.O.C., Cavalcanti, M.L.F., Lacerda, R.D., 2008. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12, 350-355.
- Boer, C.A., Assis, R.L., Silva, G.P., Braz, A.J.B.P., Barroso, A.L.L., Cargnelutti Júnior, A., Pires, F.R., 2007. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42, 1269-1276.
- Bonfim-Silva, E.M., Silva, T.J.A., Santo, C.C., Cabral, C.E.A., Santos, I.B., 2011. Características produtivas e eficiência no uso de água em rúcula adubada com cinza vegetal. *Enciclopedia Biosfera* 7, 178-186.
- Bruzi, A.T., Ramalho, M.A.P., Abreu, A.F.B., Ferreira, D.A., Sena, M.R., 2007. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 7, 111-116.
- Buso, W.H.D., Machado, A.S., Silva, L.B., França, A.F.S., 2011. Uso do milho na alimentação animal. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia* 5, 27.
- Coelho, M.E.H., Freitas, F.C.L., Cunha, J.L.X.L., Medeiros, J.F., Silva, M.G.O., 2013. Production and efficiency of water usage in capsicum crops under no-tillage and conventional planting systems. *Revista Ciência Agronômica* 44, 741-749.
- Correia, K.G., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Rodrigues, L.N., Nery, A.R., 2005. Relações hídricas e produção em plantas de amendoim irrigadas com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9, 86-89.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. UFPB, Campina Grande. (UFPB. Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- Ferreira, D.F., 2011. SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35, 1039-1042.
- Fernandes, V.L.B., 1993. Manual de Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Geraldo, J., Oliveira, L.D., Pereira, M.B., Pimentel, C., 2002. Estádios de desenvolvimento, produção de massa seca e teores de N de folhas na floração, em cultivares de milho perola. *Agronomia* 36, 7-10.
- LINDER, S., 1974. A proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological investigations. *Physiologia Plantarum* 32, 154-56.
- Maiti, R.K., Bidinger, F.R., 1981. Growth and development of the pearl millet plant. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru. (ICRISAT. Research Bulletin, 6).
- Mantovani, E.C., Delazari, F.T., Dias, L.E., ASSIS, I.R., Vieira, G.H.S., Landim, F.M., 2013. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. *Horticultura Brasileira* 31, 602-606.
- Medeiros, S.S., Reis, C.F., Santos Júnior, J.A., Klein, M.R., Ribeiro, M.D., Szekut, F.D., Santos, D.B., 2013. Manejo de irrigação utilizando tanque classe A. INSA, Campina Grande. (Cartilha).
- Menezes, R.S.C., Sampaio, E.V.S.B., Giongo, V., Pérez-Marin, A.M., 2012. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Brazilian Journal of Biology* 37, 643-653.
- Montenegro, A.A.A., Montenegro, S.M.G.L., 2012. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido, in: Gheyi, H.R., Paz, P.S., Medeiros, S.S., Galvão, C.O. (Eds.), *Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: estudos e aplicações*. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, pp. 2-29.
- Pereira Filho, I.A., Ferreira, A.S., Coelho, A.M., Casela, C.R., Karam, D., Rodrigues, J.A.S., Cruz, J.C., Waquil, J.M., 2003. Manejo da cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).
- Pinho, R.M., Santos, E.M., Rodrigues, J.A.S., Macedo, C.H.O., Campos, F.S., Ramos, J.P.F., Bezerra, H.F.C., Perazzo, A.F., 2013. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 14, 426-436.
- Pires, F.R., Assis, R.L., Silva, G.P., Braz, A.J.B., Santos, S.C., Vieira Neto, S.A., Sousa, J.P.G., 2007. Desempenho agrônomico de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. *Bioscience Journal* 23, 41-49.
- Pompeu, R.C.F.F., Andrade, I.R.A., Souza, H.A., Guedes, F.L., Oliveira, L.S., Tonucci, R.G., Martins, E.C., 2014. Produtividade e custos de produção de silagem para alimentação de ovinos a partir de sorgo, milho e girassol - safra 2013. Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Circular Técnica, 44).
- Ribeiro, M.R., Sampaio, E.V.S.B., Galindo, I.C.L., 2009. Os solos e o processo de desertificação no Semi-Árido Brasileiro, in: Ribeiro, M.R., Nascimento, C.W.A., Ribeiro Filho, M.R., Cantalice, J.R.B. (Eds.), *Tópicos em Ciência do Solo*. SBCS, Viçosa, pp. 413-460.
- Salomão, L.P., Sanches, L.V.C., Saad, J.C.C., Villas Bôas, R.L., 2009. Manejo da Irrigação: um guia

- prático para uso racional da água. FEPAF/Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- Santos, R.F., Carlesso, R., 1998. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2, 287-294.
- Silva, M.M.P., Vasquez, H.M., Bressan-Smith, R., Silva, J.F.C., Erbesdobler, E.D., Andrade Júnior, P.S.C., 2006. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35, 67-74.
- Silva, M.M., Alves, M.C., Sousa, A.P., Fernandes, F.C.S., 2009. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. *Revista Ceres* 56, 103-111.
- Silva, A.O., Silva, E.F.F., Klar, A.E., 2013. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. *Water Resources and Irrigation Management* 2, 27-36.
- Silva, A.P., Silva, A.C., Leonel, S., Souza, M.E., Tanaka, A.A., 2014a. Evapotranspiração e eficiência do uso da água no primeiro ciclo produtivo da figueira Roxo de Valinhos submetida a cobertura morta. *Bioscience Journal* 30, 1127-1138.
- Silva, A.R.A., Bezerra, F.M.L., Freitas, C.A.S., Amorim, A.V., Carvalho, L.C.C., Pereira Filho, J.V., 2014b. Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura do girassol nas condições do semiárido cearense. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 8, 38-51.
- Souza, A.P., Carvalho, J.J., Tanaka, A.A., Temóteo, A.S., Gomes, A.W.A., Cardoso, G.G.G., Gonçalves, S.O., 2009. Utilização da evapotranspiração para o manejo da irrigação, in: Salomão, L.C.; Sanches, L.V.C.; Saad, J.C.C.; Villas Bôas, R.L. (Orgs.), *Manejo da Irrigação: um guia prático para uso racional da água*. FEPAF/Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, pp. 48-63.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2009. *Fisiologia Vegetal*. Artmed, Porto Alegre.
- Torres, J.L.R., Pereira, M.G., 2008. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32, 1609-1618.