



## DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE SORGO E pH DO SOLO

Edna Maria Bonfim-Silva<sup>1</sup>, Bruna Elusa Kroth<sup>2</sup>, Tonny José Araújo da Silva<sup>1</sup>, Danityelle Chaves de Freitas<sup>2</sup>

1. Professor Doutor da Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Universitário de Rondonópolis – Brasil. (embonfim@ufmt.br)
2. Graduando do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Universitário de Rondonópolis – Brasil. Bolsista PIBIC/CNPq

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

### RESUMO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) tem larga utilização na produção de feno e silagem, mostrando-se de grande importância para a agropecuária brasileira. Muito utilizada devido sua alta adaptabilidade a condições adversas de umidade do solo. Assim, objetivou-se pelo presente estudo avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de sorgo e pH do solo submetidas a disponibilidades hídricas do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de 2 dm<sup>3</sup> com cinco plantas, seis disponibilidades hídricas [20, 40, 60, 80, 100 e 120% (inundado)] e quatro repetições. A manutenção da umidade do solo foi realizada pelo método gravimétrico. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão a 5% de probabilidade. As variáveis analisadas ajustaram-se ao modelo linear e quadrático de regressão, as disponibilidades hídricas que proporcionam melhor leitura SPAD, número de folhas, massa seca da parte aérea, diâmetro do colmo, massa seca de colmo, massa seca de folhas foram observadas nas disponibilidades hídricas entre 57 e 84% da capacidade máxima de retenção de água. O aumento de disponibilidade hídrica aumenta linearmente o pH do solo.

**PALAVRAS-CHAVES:** estresse hídrico; gramínea forrageira, *Sorghum bicolor*.

### AVAILABILITY OF WATER IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF SOIL pH AND SORGHUM

#### ABSTRACT

The sorghum (*Sorghum bicolor*) is widely used in the production of hay and silage, being of great importance for the Brazilian agriculture. Widely used due to its high adaptability to adverse soil moisture. Thus, the objective of the present study was to evaluate the initial development of sorghum plants and soil pH subjected to soil water availability. The experiment was conducted in a greenhouse in pots of 2 dm<sup>3</sup> with five plants, six water availability [20, 40, 60, 80, 100 and 120% (flooded)] and four replications. The maintenance of soil moisture was carried out by gravimetric method. The results were submitted to analysis of variance and regression at 5% probability. The variables analyzed were adjusted to the linear model and quadratic regression, water availability that provide better SPAD readings, leaf number, shoot dry weight, stem diameter, stem dry mass, dry mass of leaves were observed in the stock water

from 57 to 84% of the maximum water retention. The increase in availability of water increases linearly soil pH.

**KEYWORDS:** water stress, forage grass, *Sorghum bicolor*.

## INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) é de grande importância econômica para a região centro Oeste devido sua larga utilização na produção de feno e silagem suprimindo a demanda de alimentação para o gado na época de estiagem.

No Brasil, o sorgo compreende uma cultura onde a partir da década de 70, se tornou significativamente comercial, quando a área de plantio alcançou 80 mil hectares, concentrados principalmente no Rio Grande do Sul e São Paulo LIRA (1981). Esta forrageira apresenta produção de massa seca mais elevada que o milho, especialmente em condições marginais de cultivo, como em solos de baixa fertilidade e locais onde a ocorrência de veranicos é freqüente STONE et al., (1996).

A planta de sorgo tolera mais, o déficit de água e o excesso de umidade no solo, do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (COELHO, 2000).

O sorgo consiste de planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além da sua baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, apresenta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento (planta mais tolerante depois do arroz). Além disto, apresenta elevada eficiência de uso de água, sendo necessários, em média, 250 a 400g de água para produzir 1g de massa seca TABOSA et al., (1987).

As várias características xerofíticas da planta de sorgo é que o torna resistente a seca, porém a sua capacidade de recuperar após a seca é sua mais importante propriedade quando se pensa na predição de sua produtividade. Embora seja uma cultura resistente a estresse hídrico, ela também sofre efeito do déficit hídrico, chegando a reduzir consideravelmente a produtividade (COELHO 2000).

O sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (MASOJIDEK et al., 1991).

Um solo inundado sem perdas por infiltração assemelha-se a um sistema fechado, isto é, não troca matéria com a periferia, mas com possibilidade de trocar energia. Quando um solo é inundado, o equilíbrio anterior é alterado, pois a água desloca o ar dos espaços porosos, criando regiões de anaerobiose devido à depleção do oxigênio e o aumento de CO<sub>2</sub>, produzido pela respiração microbiana (CAMARGO et al., 1999).

Assim objetivou-se pelo presente estudo, avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de sorgo e pH do solo submetidos a disponibilidades hídricas do solo.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Rondonópolis. Utilizou-se LATOSSOLO Vermelho, passado em peneira de malha de 4 mm. Após coletado o solo, preenchidos os vasos, realizou-se a calagem para elevação da saturação por bases a 60%. Foram utilizados vasos de 2 dm<sup>3</sup> com cinco plantas de milheto, seis tratamentos (20, 40, 60, 80, 100 e 120% (inundado) da capacidade máxima de retenção de água do solo) e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados.

A capacidade de campo foi determinada de acordo com BONFIM-SILVA et al. (2011).

O solo foi coletado a profundidade de 0-20 cm para a caracterização química e granulométrica (Tabela 1) sendo realizadas de acordo com EMBRAPA (1997).

**TABELA 1.** Resultados de análises química e granulométrica de amostra de solo na profundidade de 0-20 cm.

pH		P	K	Ca	Mg	H	m	M.O	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	g dm <sup>-3</sup>	g Kg <sup>-1</sup>		
4,9	4,3	2,2	30	0,2	0,1	3,8	70	10,7	600	100	300

Realizou-se adubação com nitrogênio, fósforo e potássio de 300 200 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, utilizando-se como fontes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

Sete dias após a emergência das plantas realizou-se o desbaste deixando cinco plantas por vaso. Os tratamentos foram aplicados 15 dias após emergência das plantas. A umidade dos vasos foi controlada pelo método gravimétrico diariamente para reposição da água evapotranspirada em cada parcela experimental.

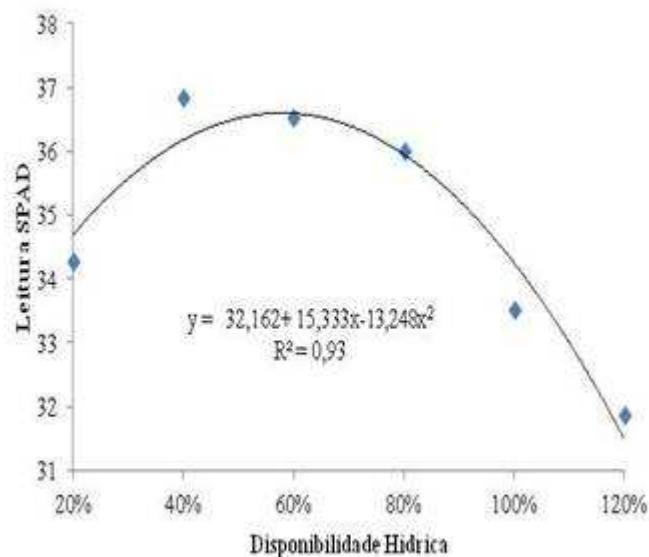
Para avaliação da resposta do sorgo foram avaliados: leitura SPAD (determinação indireta do teor de clorofila), número de folhas, diâmetro de colmo, massa seca da parte aérea, massa seca do colmo e pH do solo. A leitura SPAD foi realizada nas folhas diagnósticas (+1 e +2), o diâmetro de colmo foi obtido por meio da medição utilizando paquímetro digital. Para determinação da massa seca da parte aérea, o material foi cortado e levado para secar em estufa de circulação de ar a 65°C por período de 72 horas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de regressão a 5% de probabilidade por meio do programa estatístico Sisvar da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA,2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa para as variáveis analisadas, as quais ajustaram-se ao modelo linear e quadrático de regressão. A maior leitura SPAD (teor de clorofila) foi observada no solo a 57% de sua máxima capacidade de retenção de água, havendo um decréscimo a partir deste ponto (Figura 1). Quando o oxigênio é excluído do solo, pode ocorrer a desnitrificação por ação das bactérias, o que acontece em excesso de água no solo. Isso pode diminuir rapidamente o teor de nitrogênio LOPES (1998). BONFIM-SILVA et al., (2011) trabalhando com três gramíneas forrageiras observaram que a maior leitura SPAD ocorreu com a umidade do solo a 60% da capacidade máxima de retenção de água.

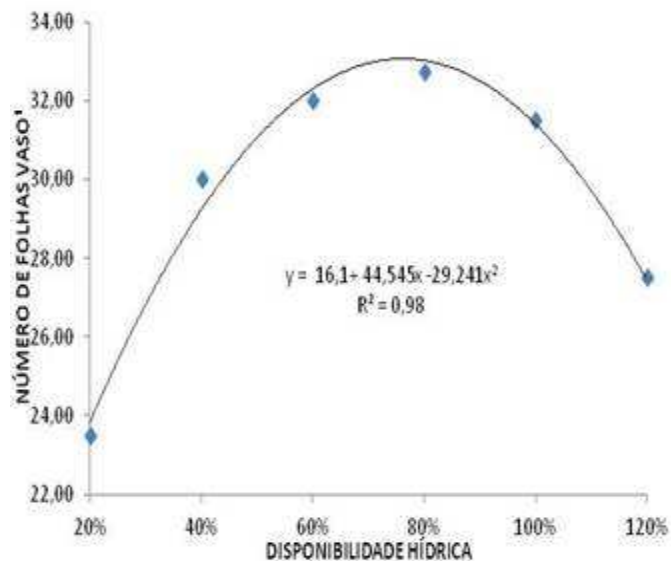
Apesar de ser a segunda planta de interesse agrícola, perdendo somente para o arroz, que se adapta bem a condições de alagamento do solo, o sorgo apresenta deficiência na nutrição tanto nestas condições como em solos com déficit hídrico. Sob condição de alagamento, o nitrogênio do solo é perdido na forma de N<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O, devido ao processo de desnitrificação, o que diminui a quantidade de nitrogênio disponível para gramíneas submetidas ao alagamento (BONFIM-SILVA et al., 2011). Há evidências de que nas folhas mais jovens o envelhecimento é atrasado pelo estresse hídrico e o declínio no teor de nitrogênio e na digestibilidade

da massa seca é mais lento que nas folhas de plantas não estressadas (WILSON, 1982).



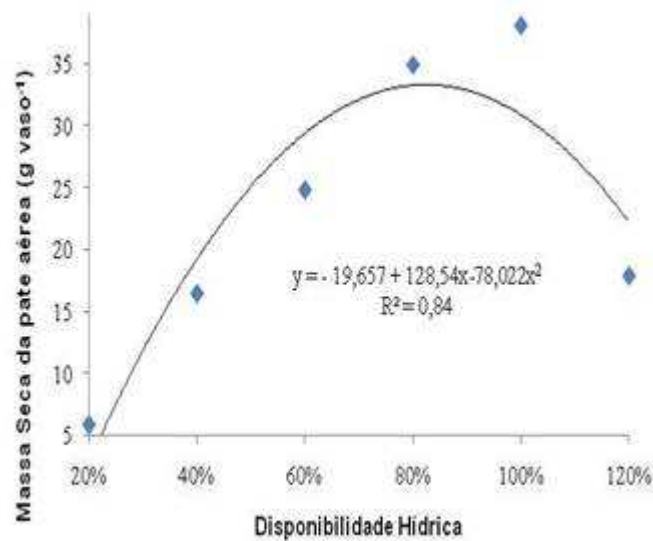
**FIGURA 1.** Leitura SPAD (teor de clorofila) de plantas de sorgo sob disponibilidades hídricas do solo.

O maior número de folhas das plantas de sorgo foi observado em 76% da sua máxima capacidade de retenção de água do solo (Figura 2). Trabalhando com quatro gramíneas forrageiras, SILVA et al., (2005) verificaram que a taxa de aparecimento de folhas foi influenciada pela disponibilidade de água no solo, evidenciada pelos efeitos significativos da interação gramínea e nível hídrico do solo sobre o aparecimento de folhas nas diferentes espécies. BONFIM-SILVA et al., (2011) encontraram resultados semelhantes para plantas de milho, milheto e também sorgo, onde houve maior emissão de folhas com o solo a 60% de sua máxima capacidade de retenção de água.



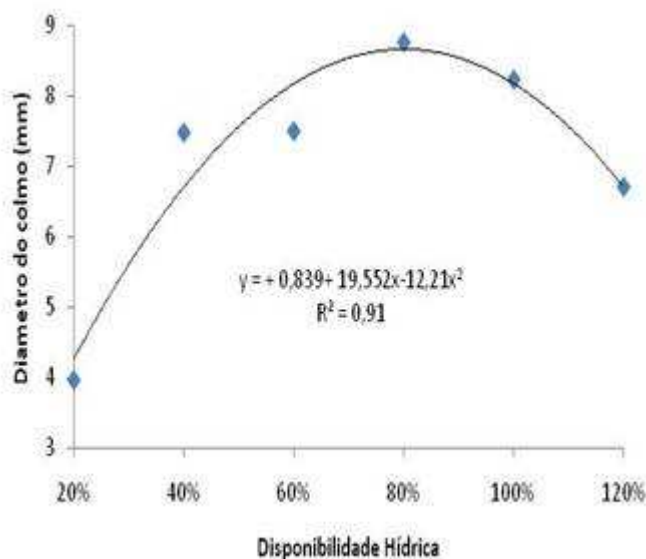
**FIGURA 2.** Número de folhas de plantas de sorgo sob disponibilidades hídricas do solo.

A massa seca da parte aérea do sorgo apresentou maior produção com o solo a 82% da sua máxima capacidade de retenção de água (Figura 3). BONFIM-SILVA et al. (2011) trabalhando com sorgo milho e milheto alcançaram resultados semelhantes. O sorgo apresenta elevada eficiência de uso de água, sendo necessários, em média, 250 a 400g de água para produzir 1g de massa seca. Nesta cultura, a eficiência de uso de água é superior a grande maioria das gramíneas tropicais (TABOSA et al., 1987). BONELLI, et al., (2011) observaram que as gramíneas forrageiras direcionam os fotoassimilados para as regiões que encontram-se sob estresse, neste caso as raízes, fato que não ocorreu na parte aérea. A produtividade das plantas, limitada pela água, depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência de seu uso pelo vegetal. Essa cultura evidenciou maior tolerância ao estresse hídrico, devido à mesma produção de massa seca da parte aérea e altura de plantas em todas as disponibilidades hídricas (BONFIM-SILVA et al. 2011). Em condições de estresse hídrico, vários processos fisiológicos são alterados, tais como: fotossíntese, abertura estomática, produção de ácido abscísico, abscisão foliar e ajuste osmótico (TAIZ & ZEIGER 2004).



**FIGURA 3.** Massa seca da parte aérea de plantas de sorgo sob disponibilidades hídricas do solo.

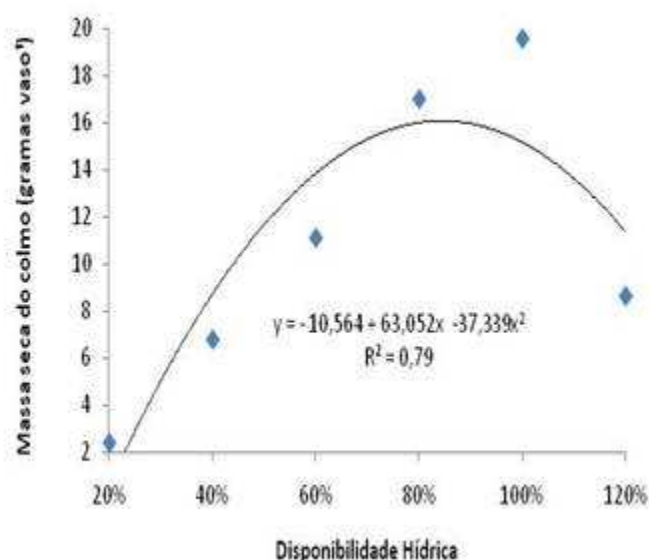
O diâmetro do colmo apresentou maior espessura com o solo a 80% de sua capacidade de retenção de água (Figura 4). Quando comparado com outras plantas forrageiras sob condições de estresse hídrico o sorgo tem se destacado. SINGH & SINGH, (1995) verificaram não haver diferença entre os rendimentos de massa seca entre o milho o sorgo e o milheto, quando cultivados sem déficit hídrico. Mas o sorgo foi superior ao milho em três condições de estresse hídrico. O sorgo também foi superior ao milheto sob estresses hídricos moderados, mas não houve diferença entre ambos sob estresse severo.



**FIGURA 4.** Diâmetro do colmo de plantas de sorgo sob disponibilidades hídricas do solo.

Observa-se que tanto em déficit como em excesso hídrico o diâmetro do colmo das plantas de sorgo sofreram acentuada redução, a maior massa seca do

colmo das plantas de sorgo observou-se com o solo a 84% da capacidade máxima de retenção de água (Figura 5). PIRES et al., (2003) afirmam que a concentração superficial dos nutrientes e a maior disponibilidade hídrica, resultantes da melhor conservação da umidade, favorecem o melhor desenvolvimento da parte aérea nas culturas o que, em parte, foi observado neste estudo. PINHO (1992) obteve valores semelhantes para cultivares de sorgo e milho submetidos a um estresse hídrico terminal. Segundo alguns autores (HSIAO 1973; MARSCHENER 1995; MALAVOLTA et al.,1997), o estresse hídrico reduz a produção de massa seca e o rendimento da cultura; esta redução depende das proporções com que o estresse tenha afetado as áreas de atividade fotossintética pelo déficit imposto, e sobre a taxa e o grau de recuperação depois de cessado o estresse. Resultados observados por MOHT et al., (1995) corroboram com os do presente estudo e ainda relatam que ocorre aceleração do processo de maturação.



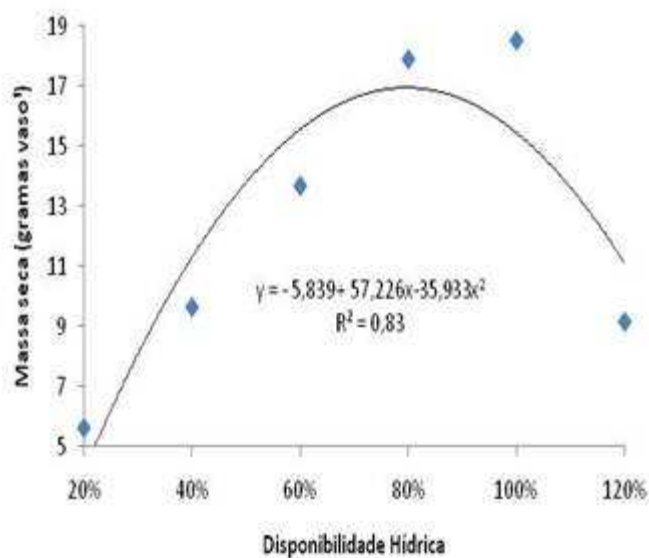
**FIGURA 5.** Massa seca do colmo de plantas de sorgo em função da disponibilidade hídrica do solo.

Em função das disponibilidades hídricas em que a cultura do sorgo foi submetida à maior produção de massa seca das folhas foi encontrada à 80% da capacidade máxima de retenção de água do solo (Figura 6). A abscisão durante o estresse hídrico resulta largamente do aumento da síntese e da sensibilidade dos tecidos ao hormônio etileno (TAIZ & ZEIGER,1991). A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo FERNÁNDEZ et al., (1996), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, freqüentemente, respostas fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores. A área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta a déficit hídrico (FERNÁNDEZ et al., 1996). O estresse hídrico não só limita o tamanho de folhas



individuais, mas também o número de folhas porque diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos (TAIZ & ZEIGER ,1991).

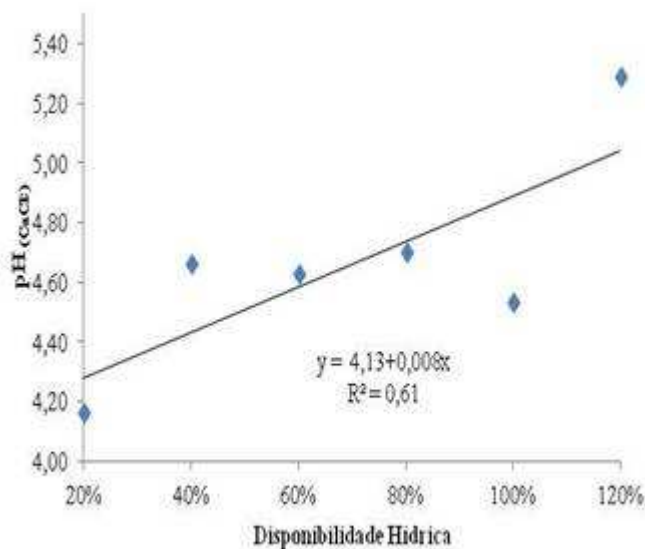
O sorgo quando submetido a condições de alagamento apresentou um bom desenvolvimento, confirmando os resultados apresentados por BONFIM-SILVA et al. (2011), que constataram ser esta gramínea tolerante ao alagamento e ao déficit hídrico, ao contrário do milho que é sensível a essas duas condições e do milho que é tolerante apenas ao déficit hídrico.



**FIGURA 6.** Massa seca das folhas de plantas de sorgo em função das disponibilidades hídricas do solo.

O pH do solo ajustou-se ao modelo linear de regressão (Figura 7). Segundo LOPES (1998) o efeito geral da submergência é um aumento de pH nos solos básicos. Independente do valor original do pH, a maioria dos solos atinge pH entre 6,5 a 7,2 um mês após serem inundados, e assim permanecem até secarem novamente. Entretanto, CAMARGO et al. (1999) relatam que em solos ácidos e alcalinos, verificam-se o aumento e diminuição do pH, respectivamente, bem como um aumento na condutividade elétrica e reações de troca iônica. As alterações que acompanham a inundação ou a submergência do solo afetam significativamente a produtividade das culturas. Estas mudanças eletroquímicas servem de partida para o deslocamento do processo de redução resultante da diminuição do oxigênio, levando a alterações significativas no potencial redox, no pH e na condutividade elétrica.





**FIGURA 7.** pH do solo cultivado com sorgo sob disponibilidades hídricas do solo.

### CONCLUSÕES

Os melhores resultados para o teor de clorofila e características produtivas são observadas no intervalo de 57 a 80% da capacidade máxima de retenção de água do solo. A disponibilidade hídrica do solo reflete no aumento linear do pH do solo.

### REFERÊNCIAS

BONELLI, E. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; POLIZEL, A. C.; Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande v.15, n.3, p.264–269, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D.; Desenvolvimento Inicial de Gramíneas Submetidas ao Estresse Hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p180-186, abr.-jun., 2011.

CAMARGO, F. A. DE O.; SANTOS, G. DE A.; ZONTA, E.; Alterações Eletroquímicas em Solos Inundados; **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 171-180, 1999.

COELHO, M. A.; KARAM, D.; MATOVANI, C. E.; et al.; Cultivo do Sorgo; **Embrapa Milho e Sorgo**, sistema de produção. EMBRAPA, 2000.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. P. 212, 1997.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Reserva Symposium** (Lavras), v. 3, p. 317-345, 2008.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.

LIRA, M. de A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de Extensão sobre a Cultura do Sorgo. Brasília: **EMBRAPA-DID**, p.87-88, (IPA. Documentos, 1). 1981.

LOPES, A. S.; manual internacional de fertilidade do solo; 2 ed., pg. 42, Piracicaba, 1998.

MALAVOLTA, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A.de. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípio e aplicações**. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, p. 319, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press Limited, p. 889, 1995.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and ligh stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology Bethesda**, v. 96, p. 198-207, 1991.

MOHR, H.; SCHOPFER, NESMITH, D.S.; RITCHIE, J. T P. Short- and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil Plant physiology. Berlin: **Springer-Verlag**. p. 629, 1995.

PINHO, J. L. N. de. **Étude comparée des mecanismes physiologiques de la résistance à la sécheresse de cultivars de mil (*Pennisetum americanum* L.) et de sorgho [ *Sorghum bicolor* (L.) Moench] sensibles ou résistant es**. Paris: Université Paris VII, 158p. Tese Doutorado, 1992.

PIRES, F. R.; Souza, C. M.; Queiroz, D. M.; Miranda, G. V.; Galvão, J. C. C. Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.121-131. 2003.

SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R. E.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOLER, E. D.; Junior, P. S. C. A.; Respostas Morfogênicas de Gramíneas Forrageiras Tropicais sob Diferentes Condições Hídricas do Solo; **Revista Brasileira de Zootecnia** v.34, n.5, pg.1493-1504; 2005.

SINGH, B. R.; SINGH, D. P. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 42, p.57-67, 1995.

STONE, L. R. et al. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. **Agriculture Water Management**, Amsterdam, v. 30, n 3, p. 251-259, 1996.

TABOSA, J.N.; TAVARES FILHO, J.J.; ARAÚJO, M.R.A. de; LIRA, M. de A.; ENCARNAÇÃO, C.R.F. da; BURITY, H.A. Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions. **Sorghum Newsletter**, Tucson, v.30, p.91- 92, 1987.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre:Artmed, 719p, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER. Plant Physiology. California: **The Benjamim/ Cummings Publishing Company**, Inc., Redwood City, 1991.

WILSON, J.R Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.) **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham: CAB. p.111-131, 1982.