

## CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E TECNOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO INOCULADOS COM *Azospirillum brasilense* Tarrand

---

Luiz Gustavo Moretti de Souza<sup>1</sup>, Edson Lazarini<sup>2</sup>, Raul Sobrinho Pivetta<sup>3</sup>,  
Admar Junior Coletti<sup>3</sup>, Renato Jaqueto Goes<sup>3</sup>

1. Graduando em Agronomia na Universidade Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira - SP (souzamoretti@gmail.com).
2. Professor do curso de Agronomia na Universidade Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira-SP.
3. Doutorando em Sistemas de Produção na Universidade Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira-SP.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

---

### RESUMO

Microorganismos fixadores de nitrogênio podem propiciar melhorias no crescimento de grandes culturas, como gramíneas. Desta forma, este trabalho teve como objetivo verificar algumas características agronômicas e tecnológicas de genótipos de sorgo sacarino inoculado ou não com *A. brasilense*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 4x2 com quatro repetições. Os tratamentos consistiram entre quatro genótipos de sorgo sacarino: Sugar Graze Argentina, 23402 BMR, 98456 e V05202, e ausência ou presença da inoculação com *Azospirillum brasilense*. Avaliou-se a altura de plantas, número de perfilhos e de nós por planta, diâmetro do colmo, teor de nitrogênio foliar, produção de matéria verde e de matéria seca, °Brix e Pol. A inoculação com *A. brasilense* proporciona um maior crescimento de plantas de sorgo 98456. Os genótipos Sugar Graze Argentina e 98456 destacam-se em relação a características tecnológicas e agronômicas, sendo ótimas opções para a entressafra sucroalcooleira.

**PALAVRAS-CHAVE:** açúcar, bactéria diazotrófica, nitrogênio, *Sorghum bicolor* L. Moench.

### AGRONOMIC AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GENOTYPES OF SORGHUM INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* Tarrand

#### ABSTRACT

Microorganisms nitrogen fixers can provide improvements in the growth of major crops, such as grasses. Thus, this work had the objective to verify some agronomical and technological characters of genotypes of sugar sorghum inoculated or not with *A. brasilense*. Experimental design was in randomized blocks at factorial scheme 4x2 with four replications. Treatments were eight at totally and were constituted by combination among four genotypes of sugar sorghum: Sugar Graze Argentina, 23402 BMR, 98456 and V05202 with absence or presence with *Azospirillum brasilense*. Were evaluated plants height, number of tillers and nodes per plant, stalk diameter, nitrogen leaf content, green and dry matter yield °Brix and Pol. Inoculation

with *A. brasilense* provides greater growth in sorghum 98456. Genotypes Sugar Graze Argentina and 98456 stand out in relation to technological and agronomic traits, with great options for sugarcane harvests.

**KEYWORDS:** diazotrophic bacteria, nitrogen, *Sorghum bicolor* L. Moench, sugar.

## INTRODUÇÃO

A crescente demanda por grãos, no mundo, associada ao substancial melhoramento genético de híbridos, tem alavancado, a cada ano, a área plantada e a produtividade da cultura do sorgo, no Brasil (ALMEIDA FILHO et al., 2010). Conforme a CONAB (2012a), esta cultura teve aumento na área plantada em 6,3% em relação à safra 2011/2012. Goiás possui a maior área e produção (306,3 mil hectares e 909,7 mil toneladas), enquanto o Distrito Federal destaca-se em relação à produtividade (4.500 kg ha<sup>-1</sup>).

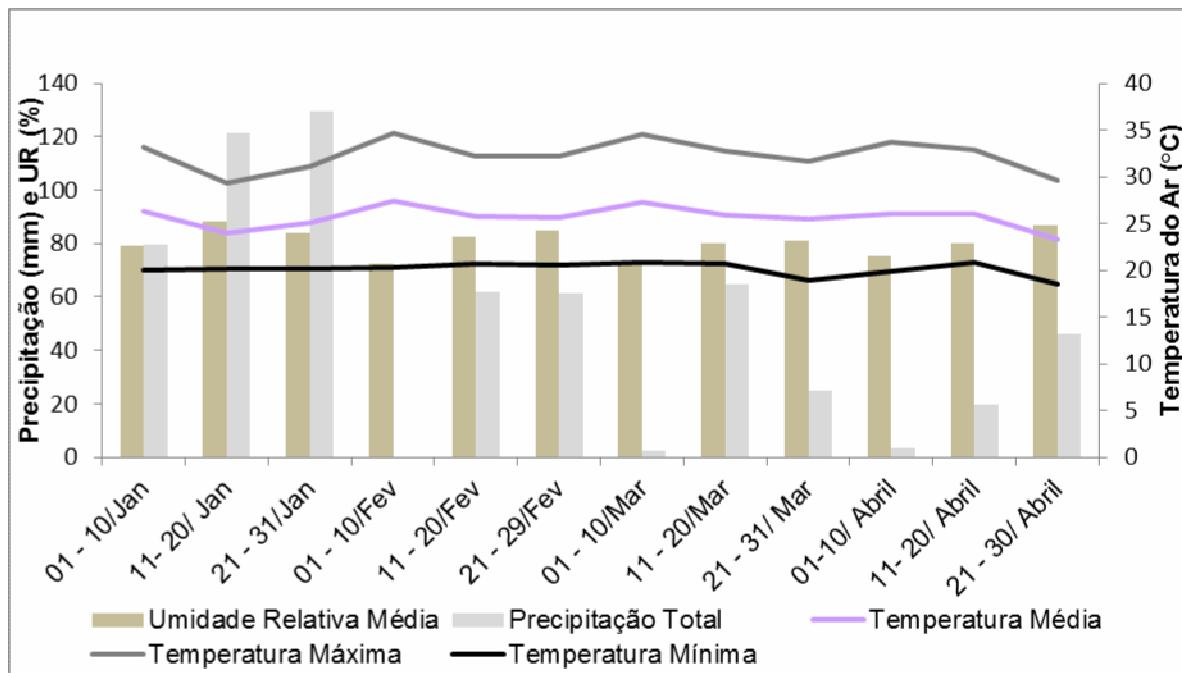
Além da grande eficiência no uso da água devido ao metabolismo fotossintético C4, o sorgo apresenta alta resposta a adubação nitrogenada. Nessa cultura, o acúmulo deste nutriente ocorre quase linearmente até a maturação, sendo o elemento que mais frequentemente limita sua produtividade. Todavia, a resposta de uma cultura ao nitrogênio depende de vários fatores que interferem na disponibilidade desse elemento às plantas. Entre os principais, destacam-se o regime de chuvas, edafoclimáticos (como textura do solo) e os fatores genéticos inerentes a cada cultivar, os quais determinam sua capacidade de resposta à adubação (MAGALHÃES et al., 2008).

Neste contexto, o uso de microrganismos fixadores pode ser uma alternativa interessante. Várias espécies do gênero *Azospirillum*, tais como o *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferens*, *A. irakense*, *A. largimobile* e *A. doebereinae*, que possuem vida livre, tem capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e quando associados ao sistema radicular de gramíneas como milho, trigo, arroz, sorgo e cana-de-açúcar (JAMES, 2000), podem disponibilizar esse nitrogênio na forma de amônio, elevando a produtividade de grãos sem necessariamente aumentar o consumo de fertilizantes nitrogenados. Além disso, proporcionam às plantas maior desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo o volume de substrato explorado pelas raízes (HUNGRIA et al., 2010) e conseqüentemente, maior acesso à água e nutrientes presentes no solo.

Diante do exposto acima, o trabalho objetivou avaliar características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de sorgo sacarino, inoculados ou não com *A. brasilense*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Selvíria, MS, Brasil, (20° 22' S, 51° 22' W) e altitude de 335 m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A temperatura média anual da região é de 23,5 °C, com precipitação anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (CENTURION, 1982), o clima da região é do tipo Aw, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação internacional de Köppen. A Figura 1 apresenta os decêndios de umidade relativa média, precipitação total, temperatura máxima, mínima e média durante a condução do experimento.



**FIGURA 1.** Temperatura máxima, média e mínima (°C); precipitação pluvial (mm) e umidade relativa média (%), durante a condução do experimento.

Antes da semeadura do sorgo foram coletadas amostras de solo da área na profundidade de 0 a 20 cm, e realizada a análise química, para fins de fertilidade do solo, de acordo com a metodologia proposta por RAIJ & QUAGGIO (1983), a qual apresentou os seguintes atributos químicos: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,6; MO = 20 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) = 31 mg dm<sup>-3</sup>; 15; 10; 2,3; 40 e 67,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para Ca, Mg e K, H+Al e CTC, respectivamente e V = 41%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro genótipos de sorgo sacarino: Sugar Graze Argentina, 23402 BMR, 98456 e V05202; e ausência ou presença da inoculação com *A. brasilense*.

Para o preparo do solo realizou-se uma gradagem aradora e duas gradagens niveladoras, em seguida, para a abertura dos sulcos de semeadura utilizou-se um cultivador de hastes. Posteriormente, procedeu-se a semeadura manual (04/01/2012), depositando-se no interior do sulco uma quantidade de sementes suficiente para obter 9 plantas m<sup>-1</sup>.

Quanto aos tratamentos com inoculação, realizou-se a aplicação do *A. brasilense* no interior do sulco de semeadura utilizando-se as estirpes Ab-V<sub>5</sub> e Ab-V<sub>6</sub>. O produto comercial apresentava 2 x 10<sup>8</sup> células viáveis por grama, e a dose utilizada foi de 200 g para cada 25 kg de sementes. Posteriormente, os sulcos foram cobertos com uma camada de aproximadamente 50 cm de solo. Após a semeadura demarcou-se as unidades experimentais que foram constituídas de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas 0,7 m, totalizando 14,0 m<sup>2</sup> e como área útil considerou-se 3,0 m das duas linhas centrais (4,2 m<sup>2</sup>).

Não foi realizada adubação de plantio, entretanto, em cobertura aplicou-se 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando-se como fonte o sulfato de amônio no momento em que a cultura apresentou a quarta folha completamente expandida (estádio fenológico V<sub>4</sub>). A dose utilizada foi 70% da recomendada sem inoculação para produtividades superiores a 60 t ha<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1997). Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se 1.250 g ha<sup>-1</sup> do i.a. de atrazina. Para o controle da

lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) aplicou-se 129 g ha<sup>-1</sup> do i.a. de metomil.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

a) *teor de nitrogênio foliar* – quando 50% das plantas encontravam-se florescidas, aos 79 DAE, foi efetuada a coleta da quarta folha com bainha visível contada a partir do ápice, em 10 plantas por parcela;

b) *altura de plantas* – por ocasião do florescimento, em cinco plantas por parcela, tomou-se como referência a distância entre a superfície do solo até a inserção da folha bandeira;

c) *número de nós e de perfilhos por planta* – realizou-se a contagem do número de nós e de perfilhos em plantas localizadas em 1,0 m da linha localizada na área útil das parcelas;

d) *diâmetro do colmo* – realizou-se a medição do diâmetro do colmo a 15 cm da superfície do solo em cinco plantas por parcela.

e) *produção de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS)* – determinou-se por meio da pesagem das plantas contidas em um metro, na área útil da parcela, realizada por ocasião do pendoamento. Realizaram-se por parcela duas pesagens, e posteriormente fez-se a média e transformaram-se os dados de MV para kg ha<sup>-1</sup>. Em seguida utilizou-se uma amostra de cinco plantas que foram colocadas em sacos de papel e secos em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até atingirem massa constante. Após a secagem, o material foi pesado para determinação da produção de MS kg ha<sup>-1</sup>;

f) *teor de °Brix e de Pol* - no final do ciclo da cultura, ocorrido aos 112 DAE. Após triturar as amostras, realizou-se a extração do caldo que foi precedida por uma prensagem por um minuto, de uma amostra de 500 g da amostra desfibrada e homogeneizada, posteriormente, pesou-se o resíduo úmido resultante desta prensagem. O teor de °Brix foi determinado com auxílio de um refratômetro digital, com correção automática da temperatura, com resolução máxima de 0,1 °Brix com o valor final sendo corrigido para porcentagem a 20°C (CONSECANA, 2010). Para a determinação do teor de Pol utilizou-se a metodologia descrita por LEITE et.al. (2010) por meio da leitura em sacarímetro, usando subacetato de chumbo como agente clarificante com resultados expressos em porcentagem;

Para análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à altura de plantas verificou-se efeito da interação entre inoculação e genótipos (Tabela 1). Observou-se pelo desdobramento que a inoculação do genótipo 98456 proporcionou acréscimo de 44 cm em relação à testemunha (ausência de inoculação). Independentemente da inoculação com bactéria diazotrófica, o genótipo 98456 apresentou altura superior aos outros materiais (Tabela 2).

O maior tamanho de plantas pode ser atribuído a maior capacidade de fixação biológica de nitrogênio, pelo aumento na atividade da redutase do nitrato (CASSÁN et al., 2008), além de produção de hormônios vegetais como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno que favorecem o aproveitamento do nitrogênio disponível no sistema. Todavia, o maior tamanho pode afetar o manejo da cultura, em virtude da maior possibilidade de acamamento, prejudicando a colheita.

**TABELA 1.** Altura de planta (AP), número de nós por planta (NNP), números de perfilhos por planta (NPP) e diâmetro do colmo (DC) em genótipos de sorgo sacarino, sob efeito ou não da inoculação com *A. brasilense*.

Tratamentos		AP	NNP	NPP	DC
		— m —			— cm —
<b>Inoculação (I)</b>	Sem	2,02	11,04	6,81	1,41
	Com	2,19	11,05	6,62	1,35
<b>Genótipos (G)</b>	Sugar Graze	2,33	11,30b	7,88	1,52a
	23402 BMR	1,75	9,53b	6,38	1,06b
	98456	2,98	13,53a	7,38	1,45a
	V0520	1,34	9,83b	5,25	1,48a
<b>Teste F</b>	I	18,37**	0,01 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
	G	321,60**	14,76**	1,00 <sup>ns</sup>	7,47**
	I x G	5,02**	0,36 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		5,36	12,18	48,87	15,94

ns – não significativo, \*\* e \* – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey.

**TABELA 2.** Desdobramento da interação significativa referente à análise de variância para altura de plantas.

Genótipos de Sorgo	Inoculação	
	Sem	Com
Sugar Graze	2,31bA	2,36bA
23402 BMR	1,69cA	1,81cA
98456	2,76aB	3,20aA
V0520	1,30dA	1,38dA

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey.

Os genótipos apresentaram médias distintas de nós por planta e diâmetro de colmos, com destaque para 98456 e 23402 BMR, respectivamente. Entretanto, para a variável número de perfilhos não houve variação entre os genótipos. O alto coeficiente de variação está ligado à genética dos materiais utilizados, em que os dados obtidos em campo para essa variável foram dispersos.

A inoculação de *Azospirillum* spp. ocasionou ao genótipo 98456 maior altura de plantas. O efeito da bactéria depende de inúmeras interações relacionadas a

fatores edafoclimáticos, número ideal de células viáveis por sementes e o potencial fisiológico da semente (RAMOS et al., 2010).

A inoculação com *Azospirillum* não ocasionou variações nos teores de N foliar, °Brix, Pol, MV e MS (Tabela 3). Os teores de nitrogênio foliar foram adequados para a cultura. Observou-se que 70% da adubação nitrogenada recomendada foi suficiente para manter a cultura com os teores de N adequados, relevando-se que mesmo a não utilização de adubação durante a semeadura não ocasionou a deficiência nutricional.

**TABELA 3.** Teor de nitrogênio foliar, °Brix, Pol, produção de matéria verde (MV) e produção de matéria seca (MS), em genótipos de sorgo sacarino, sob efeito ou não da inoculação com *A. brasilense*.

Tratamentos		N – foliar (g kg <sup>-1</sup> )	°Brix %	Pol	MV -----kg ha <sup>-1</sup> -----	MS
<b>Inoculação (I)</b>	Sem	28,87	15,40	11,29	86.573	28.886
	Com	28,24	15,68	11,39	85.805	27.634
<b>Genótipos (G)</b>	Sugar Graze	29,93	17,50a	13,38a	99.225a	33.492
	23402 BMR	27,01	14,29c	10,50ab	67.518b	23.105
	98456	27,58	15,96b	12,49a	100.546a	30.155
	V0520	29,68	14,42c	8,99b	77.466ab	26.289
<b>Teste F</b>	I	0,64 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,02ns	0,01 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
	G	3,47 <sup>ns</sup>	29,15*	7,54**	6,22*	2,06 <sup>ns</sup>
	I x G	0,33 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	0,73ns	0,27 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		7,81	15,54	15,54	21,49	31,54

ns – não significativo, \*\* e \* – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação.

Os teores de °Brix encontrados na cultura do sorgo sacarino foram menores dos encontrados na cultura da cana-de-açúcar, por DIOLA et al. (2010) que sugerem valores médios adequados entre 17 e 23% em variedades precoces. Contudo, AZÊVEDO et al. (2003) e FERNANDES et al. (2003) mencionam valores de 18 a 22% em genótipos de sorgo com ciclo mais tardio. Apesar dos valores de °Brix obtidos neste trabalho serem menores do que àqueles observados na cana-de-açúcar, observou-se que o híbrido Sugar Graze Argentina se destacou em relação aos demais e apresentou os maiores valores, sendo o genótipo mais adequado para utilização na entressafra sucroalcooleira.

Para a produção de MV houve diferença entre os genótipos testados. Os genótipos V0520 e 23402 BMR, por apresentarem menor porte, foram menos produtivos quando comparados com os genótipos 98456 e Sugar Graze Argentina. Verificou-se que as produtividades médias de MV de todos os genótipos apresentaram valores satisfatórios quando comparadas com a média brasileira para a safra 2011/12 de 68.289 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012b).

O híbrido Sugar Graze Argentina apresenta-se como uma ótima opção, devido à alta produtividade (99.225 kg ha<sup>-1</sup>) e produção de MS superior a 33.000 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, possui alta potencialidade para geração de energia a partir da queima do bagaço, sendo uma opção para a entressafra sucroalcooleira.

## CONCLUSÕES

A inoculação com *A. brasilense* proporciona um maior crescimento de plantas de sorgo 98456. Os genótipos Sugar Graze Argentina e 98456 destacam-se em relação a características tecnológicas e agronômicas, sendo ótimas opções para a entressafra sucroalcooleira.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, J. E.; TARDIN, F. D.; SOUZA, S. A.; GODINHO, V. C. P.; CARDOSO, M. J. Desempenho agronômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 1, p. 51-64, 2010.

AZÊVEDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; CARNEIRO, P. C. S.; LANA, R. P.; BARBOSA, M. H. P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. Composição química bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação in vitro da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 32, n. 6, p.1443-1453, 2003.

CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: **Associação Argentina de Microbiologia**, p. 268, 2008.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, oitavo levantamento**, maio/2012 - Brasília: Conab, p. 36, 2012a.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento**, julho/2012 - Brasília: Conab, p. 39, 2012b.

CONSECANA. **Manual de Instruções do Conselho dos Produtores Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo**. 5. ed, 2010.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV. p. 25-49, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro. Embrapa, p. 306, 2006.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C. Q.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. P.; BARBOSA, **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 783 2014

M. H. P.; FONSECA, D. M.; DETMANN, E.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, E. S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 32, p. 977-985, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

JAMES, E.K.; Nitrogen fixation in endophytic an associative symbiosis. **Field Crops Research**. v 5, p. 197-209, 2000.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SIQUEIRA, G.F.; SILVA, M.A. Qualidade tecnológica em diferentes porções do colmo e produtividade da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 861-870, 2010.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Ecofisiologia da produção do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.; Boletim Técnico 100, **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, 1997.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônômico, p. 31, 1983. (Boletim Técnico, 81).

RAMOS, A. S.; SANTOS, T. M. C.; SANTANA, T. M.; GUEDES, E. L. F.; MONTALDO, Y.C. Ação do *Azospirillum lipoferum* no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p.113-117, 2010.