

235

Circular  
TécnicaSete Lagoas, MG  
Dezembro, 2017

## Autores

**Flávia Cristina dos Santos**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, flavia.santos@embrapa.br

**Álvaro Vilela de Resende**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, alvaro.resende@embrapa.br

**Maria Lúcia Ferreira Simeone**

Química, D.Sc. em Química Orgânica, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, marialucia.simeone@embrapa.br

**Alexandre Martins Abdão dos Passos**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, alexandre.abdao@embrapa.com.br

**Manoel Ricardo de Albuquerque Filho**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, manoel.ricardo@embrapa.br

**Rafael Augusto da Costa Parrella**

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br

**Guilherme Moura Ferreira Júlio**

Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São João del-Rei/ UFSJ e Bolsista PIBIC do CNPq na Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG-424, Km 47, s/n, Indústrias, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG; guilhermemoura15@hotmail.com

# Demanda Nutricional do Sorgo Sacarino para a Recomendação de Adubação

## Introdução

O Brasil, com seu forte potencial agrícola, tem expressiva produção de fontes renováveis de combustíveis a partir da biomassa de plantas, com destaque para a cana-de-açúcar. Entretanto, o sorgo sacarino também se mostra como cultura potencialmente interessante para o setor sucroalcooleiro, podendo inclusive ser uma alternativa para produção na entressafra da cana, de forma a otimizar a estrutura das usinas. São buscadas opções para a reforma anual de 10-15% de área de cana-de-açúcar, que possam amortizar cerca de 30-40% do custo de implantação de um novo canal, e a rotação de culturas na reforma melhora em até 20% a produtividade da cana (DURÃES, 2011).

O sorgo sacarino como matéria-prima para produção de etanol oferece as vantagens de ser uma espécie versátil e eficiente, tanto do ponto de vista fotossintético, quanto em velocidade de crescimento, apresentando ciclo de aproximadamente 120 dias. Possui colmos suculentos com açúcares totalmente fermentáveis e com produção de massa verde variando de 40 a 60 t ha<sup>-1</sup>, sendo as operações para seu cultivo mecanizáveis. O bagaço gerado pela extração do caldo serve também para a geração de energia elétrica para a indústria, permite a produção de etanol de segunda geração e serve como fonte de alimentação animal (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006; RIBEIRO FILHO et al., 2008).

Embora a cultura tenha potencial para a produção de bioenergia, é preciso atenção para algumas questões relativas à eficiência do sistema de produção. Hill et al. (2009) concluem que as vantagens potenciais dos biocombustíveis dependem da elevação da eficiência dos sistemas de produção da cultura e da valoração dos produtos pelas biorrefinarias. Outra preocupação relacionada aos biocombustíveis diz respeito ao balanço energético, uma vez que a produção de matéria-prima implica a colheita de toda a planta da área e emprega grande quantidade de energia e insumos. Somente culturas de alta produção de biomassa em relação à adubação nitrogenada, como a cana-de-açúcar e o dendê, têm apresentado balanços altamente positivos (média de 8,7), enquanto outras culturas precisam ser melhoradas mediante seleção de variedades para alto rendimento, com substituição ou redução da adubação (URQUIAGA et al., 2005).

As metas estabelecidas pelo Programa de Melhoramento de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo são de que as cultivares tenham uma produtividade mínima de colmos de 60 t ha<sup>-1</sup> (que representa 70-80% da massa verde total das plantas e é de onde se extrai o caldo a ser fermentado para produção de etanol); extração mínima de açúcar total de

100 kg t<sup>-1</sup> biomassa (considerando a eficiência de extração de 90-95%); conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de álcool de 60 L t<sup>-1</sup> biomassa; período de utilização industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 80 kg t<sup>-1</sup> biomassa (SCHAFFERT et al., 2011).

Diante do exposto, o manejo nutricional deve ser cuidadosamente trabalhado, pois está diretamente envolvido no aumento de produtividade da cultura, qualidade do caldo produzido e balanço de nutrientes no sistema solo-planta, entre outros. Como relatado por Resende et al. (2009) e por Durães (2011), o sorgo é uma espécie agrícola rústica, comparativamente às outras culturas anuais, com boa adaptação a estresses ambientais e que responde bem à aplicação de fertilizantes.

Entretanto, estudos relacionados à nutrição do sorgo sacarino ainda são escassos e há falta de informações quanto às exigências nutricionais de cultivares de alto potencial produtivo, avaliadas mais recentemente (FRANÇA et al., 2016; PARRELLA et al., 2016). O avanço do conhecimento nessa área justifica a realização de pesquisas que contemplem estes materiais genéticos, contribuindo para aumentar a eficiência no manejo da adubação, o que possibilitará aumento na produção e redução de custos na lavoura, pela utilização mais racional e eficiente dos fertilizantes e do solo.

Há alguns anos vêm sendo desenvolvidas pesquisas na Embrapa Milho e Sorgo com a cultura do sorgo sacarino, envolvendo o manejo da fertilidade do solo, com foco em análises de produtividade da cultura e extração de nutrientes pelas plantas. No dimensionamento das adubações de manutenção, deve-se considerar o balanço entre o requerimento de nutrientes pela cultura para uma dada produtividade e o suprimento de nutrientes provenientes do solo e da decomposição dos resíduos vegetais

existentes na lavoura. Nesse sentido, nesta publicação é dada ênfase às informações de extração de nutrientes pelas plantas, como forma de subsidiar as recomendações de fertilizantes para o sorgo sacarino.

## Extração de Macronutrientes e Micronutrientes pelo Sorgo Sacarino

Embora a extração de nutrientes pelas plantas sofra influência de diversos fatores de ambiente e manejo, as quantidades requeridas pelas culturas relacionam-se com as produtividades alcançadas, o que, em última instância, definirá a necessidade de aplicação de fertilizantes nas adubações.

Na Tabela 1 são apresentados valores de extração de nutrientes pelo sorgo sacarino, de diferenças pesquisas desenvolvidas na Embrapa Milho e Sorgo, bem como em outros locais, entre os anos de 2010 e 2016. Estes dados permitem estimar a demanda de nutrientes pela cultura de acordo com os níveis de produtividade mais baixos (massa seca de colmos – MS < 15 t ha<sup>-1</sup>) e níveis mais elevados (MS > 15 t ha<sup>-1</sup>).

A média de produtividade de colmos nos cultivos mais produtivos foi de 30,6 t ha<sup>-1</sup> de massa seca e nos menos produtivos foi de 12,2 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. Em geral, em condições de maior potencial produtivo, o sorgo sacarino absorve maiores quantidades de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida. A exceção foi o potássio, que apresentou sensível diferença na quantidade extraída entre os dois grupos de produtividade, apresentando menor concentração nas plantas mais produtivas (Quadro 1), o que provavelmente se deve à diluição do nutriente absorvido na maior massa obtida por área.

A ordem decrescente da quantidade de macronutrientes extraída foi de K > N > Ca > Mg > P > S para os dois grupos de

produtividade do sorgo, com destaque para as elevadas quantidades de macronutrientes extraídas pelo grupo mais produtivo, em kg ha<sup>-1</sup>, que foram de 297, 268, 68, 51, 31 e 21 de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente. Esses valores mostram o quanto é alta a demanda do sorgo sacarino, principalmente para N e K, e evidencia a atenção que deve ser dada ao manejo nutricional da cultura, uma vez que toda a parte aérea da planta é retirada da área e assim há uma elevada exportação de nutrientes, que deve ser reposta via adubação para se evitar a degradação do solo.

Seguindo a mesma tendência dos macronutrientes, nos cultivos mais produtivos, as plantas acumularam maiores quantidades de micronutrientes por tonelada de massa seca produzida, à exceção do Fe (Tabela 1). Observa-se também uma maior variabilidade entre os valores de extração de Fe e Mn, considerando a média entre os dois grupos de produtividade, bem como no grupo de maior produtividade para os dois genótipos avaliados (Tabela 1).

O ferro é o micronutriente extraído em maior quantidade pelas plantas de sorgo e, no grupo de genótipos com produtividades menores de massa seca, foram extraídos, em g t<sup>-1</sup> de massa seca, 225,57 de Fe, seguidos de 13,28 de Zn, 7,87 de Mn e 3,10 de Cu (Tabela 1). Já no grupo mais produtivo, foram extraídos, em g t<sup>-1</sup>: 156,23; 23,27; 16,10 e 3,43 de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente (Tabela 1).

As extrações médias de nutrientes pelo sorgo sacarino ficaram abaixo dos valores obtidos por Franco (2011), à exceção do Mg, com as culturas do sorgo forrageiro BRS 610, (331, 289, 104, 49, 34 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K, N, Ca, P, Mg e S, respectivamente) e do sorgo granífero DKB 599 (319, 251, 83, 62, 35 e 22 kg ha<sup>-1</sup> de N, K, Ca, P, Mg e S, respectivamente), embora estes valores envolvam massa seca vegetativa e grãos e os dados desde trabalho apenas a parte aérea vegetativa.

**Tabela 1.** Produtividade de massa da matéria seca de colmo (MS) de sorgo sacarino e extração de nutrientes por tonelada de massa seca produzida para cultivos com rendimentos abaixo ou acima de 15 t ha<sup>-1</sup>.

Genótipo	MS t ha <sup>-1</sup>	-----kg t <sup>-1</sup> -----						-----g t <sup>-1</sup> -----				Local
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
<b>MS &lt; 15 t ha<sup>-1</sup></b>												
CMSXS646	10,3	7,97	0,85	18,91	2,16	1,28	0,63	3,12	253,70	8,54	13,19	Sete Lagoas, MG
CMSXS643	10,8	7,27	0,68	16,83	2,17	1,17	0,48	3,45	232,20	7,95	14,11	Sete Lagoas, MG
BRS 511	11,4	8,37	0,76	17,83	2,28	1,42	0,67	3,00	247,20	7,52	13,23	Sete Lagoas, MG
Sugargraze	12,1	6,53	0,61	18,59	2,41	1,18	0,66	3,68	144,70	7,22	12,60	Sete Lagoas, MG
CMSXS629	12,2	8,97	0,96	13,13	1,77	1,21	0,50	3,25	230,85	6,56	13,32	Sete Lagoas, MG
CMSXS630	12,2	7,87	0,90	15,27	2,23	1,33	0,64	2,91	224,27	8,54	15,15	Sete Lagoas, MG
XBWS80007	13,4	7,60	0,70	15,49	1,96	1,17	0,58	3,00	252,80	7,72	12,46	Sete Lagoas, MG
CMSXS647	13,5	7,10	0,53	15,06	2,19	1,16	0,52	2,16	271,53	8,50	11,31	Sete Lagoas, MG
XBWS80147	13,5	7,97	0,65	15,65	2,57	1,22	0,57	3,29	172,90	8,31	14,19	Sete Lagoas, MG
<b>Média</b>	<b>12,2</b>	<b>7,74</b>	<b>0,74</b>	<b>16,31</b>	<b>2,19</b>	<b>1,24</b>	<b>0,58</b>	<b>3,10</b>	<b>225,57</b>	<b>7,87</b>	<b>13,28</b>	
<b>MS &gt; 15 t ha<sup>-1</sup></b>												
BRS 508	16,5	7,33	0,95	12,98	1,85	1,37	0,50	2,50	114,93	7,63	13,19	Sete Lagoas, MG
BRS 506	20,3	9,54	1,25	10,58	3,09	3,15	0,79	4,37	197,54	38,91	19,01	Sete Lagoas, MG
CVSW80007*	30,0	8,97	1,03	8,60	2,17	1,53	0,73					Uchoa, SP
CVSW80147*	33,0	9,15	0,88	9,24	2,79	1,33	0,70					Uchoa, SP
CVSW82028*	44,0	8,43	1,11	7,86	1,55	1,34	0,75					Uchoa, SP
CVSW82158*	40,0	9,22	0,92	8,87	1,90	1,37	0,72					Uchoa, SP
<b>Média</b>	<b>30,6</b>	<b>8,77</b>	<b>1,02</b>	<b>9,69</b>	<b>2,23</b>	<b>1,68</b>	<b>0,70</b>	<b>3,43</b>	<b>156,23</b>	<b>23,27</b>	<b>16,10</b>	

Fonte: \*Adaptado de Soares et al. (2014).

De forma simplificada, a recomendação de adubação decorre do balanço entre demanda de nutrientes pela planta e o suprimento pelo solo e resíduos vegetais. Assim sendo, os dados apresentados servem como base para os programas de adubação para o sorgo sacarino, uma vez que indicam a demanda ou o requerimento de nutrientes pelas plantas, para distintos patamares de produtividade de massa seca. O suprimento do compartimento solo é representado pelos teores disponíveis na análise de solo e pelos nutrientes provenientes da decomposição dos resíduos vegetais existentes sobre o solo. Na Tabela 2 são apresentados alguns dados que podem nortear a estimativa de contribuição dos resíduos vegetais provenientes de diferentes culturas.

considerando solos de fertilidade construída, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas (via fertilização, manejo de resíduos vegetais) devem, no mínimo, repor as quantidades exportadas na colheita, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema.

A média de produtividade dos cultivos mais produtivos foi de 30,6 t ha<sup>-1</sup> de massa seca e dos menos produtivos foi de 12,2 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. Com estas produtividades, a extração média de macronutrientes dos materiais mais produtivos foi de: 9,69; 8,77; 2,23; 1,68; 1,02 e 0,70 kg t<sup>-1</sup> de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente. Para produtividades menores, a extração média foi de: 16,31; 7,74; 2,19; 1,24; 0,74 e 0,58 kg t<sup>-1</sup> de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente.

Tabela 2. Produtividade de massa seca total (MST) e extração de macronutrientes por diversas culturas.

Cultura	MST t ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
		..... kg ha <sup>-1</sup> .....				
Milho <sup>1</sup>	7,65	78	16	90	34	12
Milheto <sup>1</sup>	7,10	122	16	124	26	17
Soja <sup>1</sup>	5,42	54	8	77	28	15
Aveia <sup>1</sup>	3,10	62	8	60	12	4
Sorgo granífero <sup>2</sup>	15,50	319	62	251	83	35
Sorgo forrageiro <sup>2</sup>	18,30	289	49	331	104	34

Fonte: <sup>1</sup>Adaptado de Marques et al. (2002); <sup>2</sup>Franco (2011), considerando massa seca da parte aérea vegetativa + grãos

## Conclusões e Recomendações

Os resultados de pesquisa levantados neste trabalho permitem estimar a demanda nutricional da cultura, conforme os níveis de produtividade de massa seca abaixo ou acima de 15 t ha<sup>-1</sup>, portanto recomenda-se a utilização dessas informações para subsidiar os programas de manejo da fertilidade do solo, cujo aperfeiçoamento deve levar em conta também os resultados de análise de solo e a contribuição dos resíduos vegetais existentes nas lavouras. Portanto,

A extração de micronutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente nos materiais mais produtivos, em g t<sup>-1</sup>: 156,23; 23,27; 16,10 e 3,43 de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente; e para as menores produtividades: 225,57; 13,28; 7,87 e 3,10 de Fe, Zn, Mn e Cu, respectivamente.

A extração média de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida entre os grupos de produtividade de sorgo sacarino apresentou valores similares, sendo maior nos cultivos mais produtivos, à exceção do K,

evidenciando a grande demanda de nutrientes nessas condições. Os micronutrientes apresentaram maiores variações em seus valores de extração entre os grupos de produtividade e dentro do mesmo grupo.

## Agradecimentos

À Embrapa, à Fapemig, à Petrobrás e ao Finep pelo apoio financeiro.

## Referências

- DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, n. 3, p. 14-52, 2011.
- FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.
- FRANÇA, A. E. D.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F.; BASTOS, G. Q.; NUNES, J. A. R.; SCHAFFERT, R. E. Seleção simultânea em progênies de sorgo sacarino por meio de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 10, p. 1737-1743, 2016.
- HILL, J.; POLASKY, S.; NELSON, E.; TILMAN, D.; HUO, H.; LUDWIG, L.; NEUMANN, J.; ZHENG, H.; BONTA, D. Climate change and health costs of air emissions from biofuels and gasoline. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 106, n. 6, p. 2077-2082, 2009.
- MARQUES, R. R.; DELAVALLE, F. G.; LAZARINI, E.; BUZZETTI, S.; ARATANI, R. G. Quantidades de nutrientes restituídos ao solo através de plantas de cobertura e esíduos das culturas de soja e milho, em função da presença ou ausência de calcário na implantação do sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. [Rio de Janeiro]: SBCS: SBM: UFRRJ: Embrapa Solos; [Seropédica]: Embrapa Agrobiologia, 2002. 1 CD-ROM. Fertbio 2002.
- OLIVEIRA, A. J.; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia: 2006 - 2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.
- RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).
- RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; DANTAS, J. P.; FLORENTINO, E. R.; SILVA, F. L. H. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008.
- SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C.; MAY, A.; DURÃES, F. O. M. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 47, 2011.
- SOARES, E. R.; COUTINHO, E. L. M.; RAMOS, S. B.; MÁRCIO, S. S.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por cultivares de sorgo sacarino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 3015-3030, 2014.
- URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de biocombustíveis: a questão

do balanço energético. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 14, n. 5, p. 42-46, 2005.

#### Literatura Recomendada

PARRELLA, R. A. C.; SILVA, R. A.; RIBEIRO, L. C. A.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho agroindustrial de genótipos de sorgo sacarino visando à produção de etanol. In: WORKSHOP AGROENERGIA MATÉRIAS-PRIMAS, 10., 2016, Ribeirão Preto, SP. Anais... Ribeirão Preto: IAC, 2016.

#### Circular Técnica, 235

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
**Endereço:** Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
**Fone:** (31) 3027 1100  
**Fax:** (31) 3027 1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)  
**1ª edição**  
**Versão Eletrônica (2017)**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



#### Comitê de publicações

**Presidente:** Presidente: Sidney Netto Parentoni.  
**Secretário-Executivo:** *Elena Charlotte Landau.*  
**Membros:** *Antonio Cláudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda de Castro.*

#### Expediente

**Revisão de texto:** *Antonio Cláudio da Silva Barros.*  
**Normalização bibliográfica:** *Rosângela Lacerda de Castro.*  
**Tratamento das ilustrações:** *Tânia Mara A. Barbosa.*  
**Editoração eletrônica:** *Tânia Mara A. Barbosa.*